

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломної роботи

магістра

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва спеціальності)

Спеціалізація Телекомунікаційні системи та мережі
(код і назва освітньої програми)

(Освітня програма)

освітній рівень Магістр
(назва освітнього рівня)

Кваліфікація Інженер в галузі електроніки та телекомунікацій
(код і назва кваліфікації)

на тему: Дослідження метрик маршрутизаторів глобальних мереж
передачі даних

Виконавець: студент 2 курсу, групи 172М-16

Сукулате П.Н.
(підпис) (прізвище ім'я по-батькові)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
проекту	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.		
розділів:			
спеціальний	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.		
економічний	к.е.н., доцент Романюк Н.М.		
Рецензент			
Нормоконтроль			

Дніпро
Дніпропетровськ

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
безпеки інформації та телекомунікації
_____ д.т.н., проф Корнієнко В.Т

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи магістра

напряму підготовки _____ 172 Телекомунікації та радіотехніка
(спеціальності) _____

(код і назва спеціальності)

студенту _____ Сукулате Пашкуал Нелсон
(група) 172М-16-1 (прізвище та ініціали)

Тема дипломної роботи Дослідження метрик маршрутизації в об'єднаних мережах
глобальних мереж передачі даних

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від _____ № _____

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень процес маршрутизації в об'єднаних мережах.

Предмет досліджень методи маршрутизації трафіку телекомунікаційних мереж для заданої якості послуг.

Мета НДР розробка методу маршрутизації глобальних мереж передачі даних в системі зі змінними параметрами на основі розробки узагальненої метрики маршрутизації при виборі оптимального маршруту.

Вихідні дані для проведення роботи результати виробничої і переддипломної практик.

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна Розроблено математичну модель маршрутизатора за протоколом RIP, що складається з інтерфейсів маршрутизатора, функціонує в активному і пасивному режимах та дозволяє врахувати рівні мережевого протоколу і рівні протоколів маршрутизації.

Запропонований і досліджений метод маршрутизації в системі зі змінними параметрами, що дозволяє мінімізувати число помилок маршрутизації.

Практична цінність Розроблені методи отримання узагальненої метрики маршрутизації дозволяють забезпечити необхідну якість послуг при передачі заданого виду трафіку, мінімізувати витрати при наданні послуг в телекомунікаційній мережі шляхом оптимізації об'єднання різнорідних мереж і обслуговування альтернативних шляхів, шляхом вибору "якнайкращого" маршруту для отримання максимальної швидкості передачі інформації.

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Результати повинні відповідати вимогам Закону України «Про телекомунікації»

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Огляд джерел за темою та напрям досліджень	20.09.17-06.10.17
Розроботка методів досліджень	07.10.17-24.11.17
Результат досліджень	22.11.17-15.12.17
Виконання економічного розділу	14.12.17-29.12.17
Оформлення пояснювальної записки	28.12.17-10.01.18

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект дана технологія збільшує прибуток телекомунікаційної компанії за рахунок збільшення числа абонентів при поліпшенні трафіку мережі.

Технологія економічно доцільна і вигідна.

Соціальний ефект поліпшенні трафіку мережі в'язку

Завдання видав _____ Корнієнко В.І
(підпис) (прізвище, ініціали)
Завдання прийняв до виконання _____ Сукулате П.Н.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 01.09.17

Термін подання дипломної до ДЕК 16.01.18р

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 61 с., 19 рис., 1 таб., 2 приложения, 7 источников.

Объект исследования: метрики маршрутизаторов глобальных сетей.

Цель дипломной работы: разработка математических моделей и методов маршрутизации глобальных сетей передачи данных в системе с переменными параметрами на основе разработки обобщенной метрики маршрутизации при выборе оптимального маршрута.

Во введении приведена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы исследования.

В первом разделе рассмотрены принципы маршрутизации, механизмы маршрутизации и их метрики, протоколы RIP, EIGRP, OSPF.

Во втором разделе проведен системный анализ понятия маршрутизации по выбору путей передачи данных в глобальных сетях, проведен анализ теоретических основ маршрутизации на основе графовых методов описания сетей, сформулированы задачи о кратчайшем пути, позволяющие решать задачи маршрутизации.

В третьем разделе дипломной работы рассчитана экономическая эффективность, проанализированы показатели и сделан вывод о целесообразности использования данного проекта.

МАРШРУТИЗАТОРЫ, ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ, ПРОТОКОЛЫ, RIP, EIGRP, OSPF, ПРОЦЕССОР.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 61 с., 19 рис., 1 таб., 2 додатки, 7 джерел.

Об'єкт дослідження: метрики маршрутизаторів глобальних мереж.

Мета дипломної роботи: розробка математичних моделей і методів маршрутизації глобальних мереж передачі даних в системі зі змінними параметрами на основі розробки узагальненої метрики маршрутизації при виборі оптимального маршруту.

У вступі приведена загальна характеристика роботи, обґрунтована актуальність теми дослідження.

У першому розділі розглянуто принципи маршрутизації, механізми маршрутизації і їх метрики, протоколи RIP, EIGRP, OSPF.

У другому розділі проведено системний аналіз поняття маршрутизації за вибором шляхів передачі даних в глобальних мережах, проведено аналіз теоретичних основ маршрутизації на основі графових методів опису мереж, сформульовані завдання по найкоротшому шляху, що дозволяють вирішувати завдання маршрутизації.

У третьому розділі дипломної роботи розрахована економічна ефективність, проаналізовані показники і зроблено висновок про доцільність використання даного проекту.

МАРШУТИЗАТОРИ, ГЛОБАЛЬНІ МЕРЕЖІ, ПРОТОКОЛИ, RIP, EIGRP, OSPF, ПРОЦЕССОР. Маршрутизатори

THE ABSTRACT

Explanatory note: 66 p., 19 pic., 1tab., 2 annexes, 7 sources. Object of research: routers metrics of global networks. The purpose of thesis: the development of mathematical models and methods for routing global data networks in a system with variable parameters based on the development of a generalized routing metric when choosing the optimal route. The introduction gives a general description of the work, the relevance of the research topic has been justified. The first section discusses routing principles, routing mechanisms and their metrics, RIP, EIGRP, OSPF protocols. In the second section, a system analysis of the concept of routing for the choice of data transmission paths in global networks was carried out, an analysis of the theoretical bases of routing based on graph methods of describing networks was made, and the shortest path problems were formulated to solve routing problems. In the third section of the thesis, the economic efficiency was calculated, the indicators were analyzed and a conclusion was made about the appropriateness of using this project. ROUTERS, GLOBAL NETWORKS, PROTOCOLS, RIP, EIGRP, OSPF, PROCESSOR.

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

AS - Autonomous System. Автономная система

BGP - Border Gateway Protocol. Протокол внешней маршрутизации

EGP - Exterior Gateway Protocol. Протокол внешнего шлюза

IGRP - Exterior Gateway Routing Protocol. Протокол внутренних роутеров с вектором расстояния

IP - Internet Protocol. Протокол межсетевого взаимодействия

ISO / OSI - International Standards Organization / Open System Interconnection. Международная организация по стандартизации / Модель взаимодействия открытых систем

MPLS - Multiprotocol Label Switching. Многопротокольная коммутация по миткама

OSPF - Open Shortest Pass First. Протокол кратчайшего пути. Протокол динамической маршрутизации, основанный на отслеживании состояния канала (link-state technology) и используется для нахождения кратчайшего пути алгоритм Дейкстры.

RIP - Routing Information Protocol. Протокол маршрутизации.

RTP - Real Time Protocol. Протокол реального времени

SNMP - Simple Network Management Protocol. Протокол сетевого управления

TCP - Transmission Control Protocol. Протокол управления передачей

TCP / IP - Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Протокол управления передачей данных / протокол Internet)

UDP - User Data Protocol. Протокол датаграмм пользователя

ТКС - Телекоммуникационная система.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
РАЗДЕЛ 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ.....	11
1.1 Определение маршрутизации. Принципы маршрутизации.....	11
1.1.1 Основные функции маршрутизаторов.....	14
1.1.2 Административное расстояние.....	18
1.1.3 Метрики маршрутов.....	19
1.1.4 Построение таблицы маршрутизации.....	20
1.1.5 Механизмы маршрутизации.....	21
1.2 Стоимость маршрута.....	27
1.3 Протокол RIP.....	28
1.4 Протокол EIGRP.....	31
1.5 Протокол OSPF.....	32
1.6 Выводы по первому разделу.....	34
РАЗДЕЛ 2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	35
2.1 Анализ протоколов межсетевого взаимодействия TCP / IP. Классификация и анализ параметров алгоритмов маршрутизации.....	35
2.2 Анализ теоретических основ маршрутизации.....	37
2.3 Протоколы динамической маршрутизации	38
2.4 Исследования и реализация маршрутизаторов по протоколу RIP	41
2.5 Метод маршрутизации для выбора основного пути в области маршрутизации и дополнительного на основе динамических алгоритмов маршрутизации	50
2.6 Выводы по второму разделу.....	54
РАЗДЕЛ 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	57
3.1 Расчет капитальных затрат.....	57
3.2 Определение прибыли.....	58
3.3 Рентабельность и срок окупаемости.....	59
3.4 Выводы по третьему разделу.....	59
35 Выводы.....	60

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Список файлов на оптическом диске.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Отзыв руководителя экономического раздела.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Отзыв руководителя дипломного проекта.	61

ВВЕДЕНИЕ

Сеть Internet - это сеть сетей, объединяющая как локальные сети, так и глобальные сети. Маршрутизация - это процедура определения пути следования пакета из одной сети в другую. Механизм доставки становится возможным благодаря реализации во всех узлах сети протокола межсетевого обмена IP. Основная цель применения маршрутизаторов в Анголе - объединение разнородных сетей и обслуживание альтернативных путей.

Маршрутизаторы не просто осуществляют связь разных типов сетей и обеспечивают доступ к глобальной сети, но и могут управлять трафиком на основе протокола сетевого уровня, то есть на более высоком уровне по сравнению с коммутаторами. Необходимость в таком управлении возникает при усложнении топологии сети и росте числа ее узлов, если в сети появляются избыточные пути, когда нужно решать задачу максимально эффективной и быстрой доставки отправленного пакета по назначению.

При этом существует два основных протокола определения наиболее выгодного пути и способа доставки данных: RIP и OSPF. При использовании протокола маршрутизации RIP основным критерием выбора наиболее эффективного пути является минимальное число "хопов" (hops), т.е. сетевых устройств между узлами. Этот протокол минимально загружает процессор маршрутизатора и предельно упрощает процесс конфигурации, но он нерационально управляет трафиком. При использовании OSPF наилучший путь выбирается не только с точки зрения минимизации числа хопов, но и с учетом других критериев: производительности сети, задержки при передаче пакета и т.д. Сети большого размера, чувствительные к перегрузке трафика и базирующиеся на сложной маршрутизирующей аппаратуре, требуют использования протокола OSPF. Реализации этого протокола возможна только на маршрутизаторах с достаточно мощным процессором, поскольку его реализация требует значительных вычислительных затрат.

Сложные алгоритмы маршрутизации при выборе маршрута базируются на

множестве показателей, комбинируя их таким образом, что в результате получается один отдельный (гибридный) показатель, называемый метрикой маршрутизации. Параметрами могут быть: длина маршрута; надежность; задержка; ширина полосы пропускания нагрузки; стоимость связи и др.

Повышение эффективности современных методов маршрутизации решается усложнением метрик, является многогранной проблемой, которая включает решения различных задач.

РАЗДЕЛ 1

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

1.1 Определение маршрутизации. Принципы маршрутизации.

Протокол IP является маршрутизируемым протоколом сети Internet. Па-кеты маршрутизируются по оптимальному пути от сети отправителя к сети получателю на основе уникальных идентификаторов – IP адресов.

Схожее звучание, особенно в английском написании, двух терминов «маршрутизируемый протокол» (routed protocol) и «маршрутизирующий протокол» (routing protocol) нередко приводит к путанице. Стоит дать определения каждому термину.

Маршрутизируемый протокол – это любой сетевой протокол, адрес сетевого уровня которого предоставляет достаточное количество информации для доставки пакета от одного сетевого узла другому на основе используемой схемы адресации. Примеры маршрутизируемых протоколов приведены на рисунке 1.1. В их число входят:

- Internet протокол (IP);
- протокол межсетевого пакетного обмена (Internetwork Packet exchange – IPX);
- протокол AppleTalk (коммуникационный протокол компании Apple); – протокол DECnet (коммуникационный протокол компании DEC)

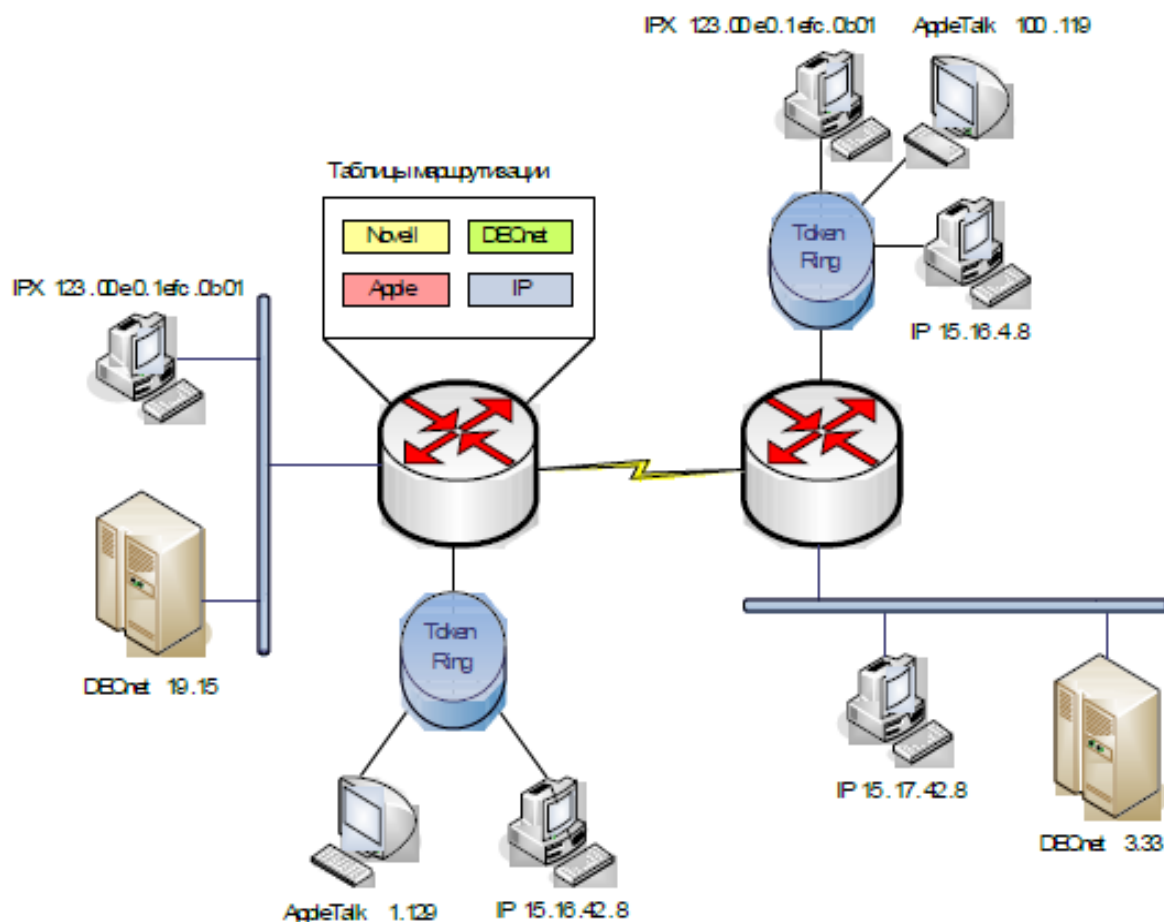


Рисунок 1.1 – Маршрутизируемые протоколы.

Маршрутизирующий протокол (протокол маршрутизации) – это протокол, который поддерживает маршрутизируемые протоколы и предоставляет механизмы обмена маршрутной информацией. Протокол маршрутизации позволяет маршрутизаторам обмениваться информацией друг с другом для обновления записей и поддержки таблиц маршрутизации. Протоколы маршрутизации это протоколы обмена маршрутной информацией. Примеры протоколов маршрутизации стека TCP/IP:

- протокол маршрутной информации (Routing Information Protocol – RIP)
- усовершенствованный протокол маршрутизации внутреннего шлюза (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol – EIGRP);
- открытый протокол предпочтения кратчайшего пути (Open Shortest Path First – OSPF).

Основываясь на этих двух определениях можно дать определение маршрутизации.

Маршрутизация – это процесс, при котором осуществляется передача пакетов маршрутизируемого протокола, при помощи протокола маршрутизации от логического отправителя логическому получателю.

Маршрутизация является функцией третьего уровня модели OSI. Она основана на иерархической схеме, которая позволяет группировать отдельные адреса и работать с группами как с единым целым до тех пор, пока не потребуется установить индивидуальный адрес для окончательной доставки данных (Рисунок 1.2)

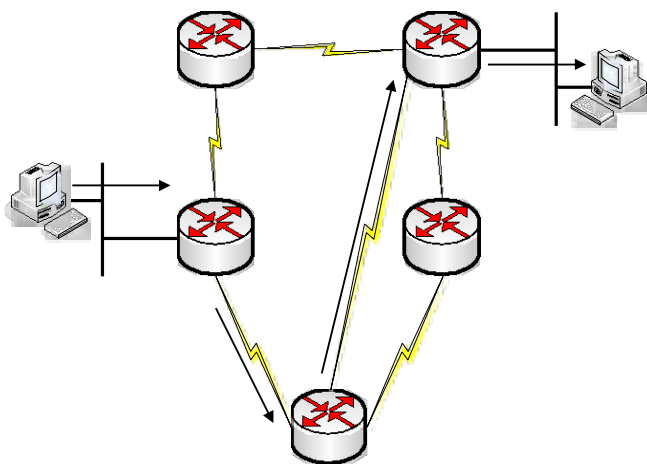


Рисунок 1.2 – Принцип работы протокола сетевого уровня.

1.1.1 Основные функции маршрутизаторов.

Основным устройством, отвечающим за осуществления процесса маршрутизации, является маршрутизатор.

Маршрутизатор выполняет две ключевые функции:

- маршрутизация – поддержание таблицы маршрутизации и обмен информацией об изменениях в топологии сети с другими маршрутизаторами. Эта функция реализуется с помощью одного или нескольких протоколов

маршрутизации либо при помощи статически настроенных таблиц маршрутизации.

– коммутация перенаправление пакетов с входного интерфейса маршрутизатора на выходной интерфейс в зависимости от таблицы маршрутизации. При необходимости маршрутизатор может произвести переупаковку IP пакета из одного вида пакетов канального уровня в другой.

В настоящее время из-за распространения технологии Ethernet на магистральные каналы передачи данных, в которых в качестве физической среды используется оптоволоконный кабель, широкое распространение получили коммутаторы третьего уровня. Такие коммутаторы, так же как и маршрутизаторы строят таблицы маршрутизации и на их основе осуществляют маршрутизацию сетевого трафика.

Необходимо понимать, что в механизме коммутации пакетов маршрутизатором и коммутатором третьего уровня есть серьезные различия. На рисунке 1.3 приводится пример сетей, для маршрутизации в которых используются маршрутизаторы и коммутаторы третьего уровня.

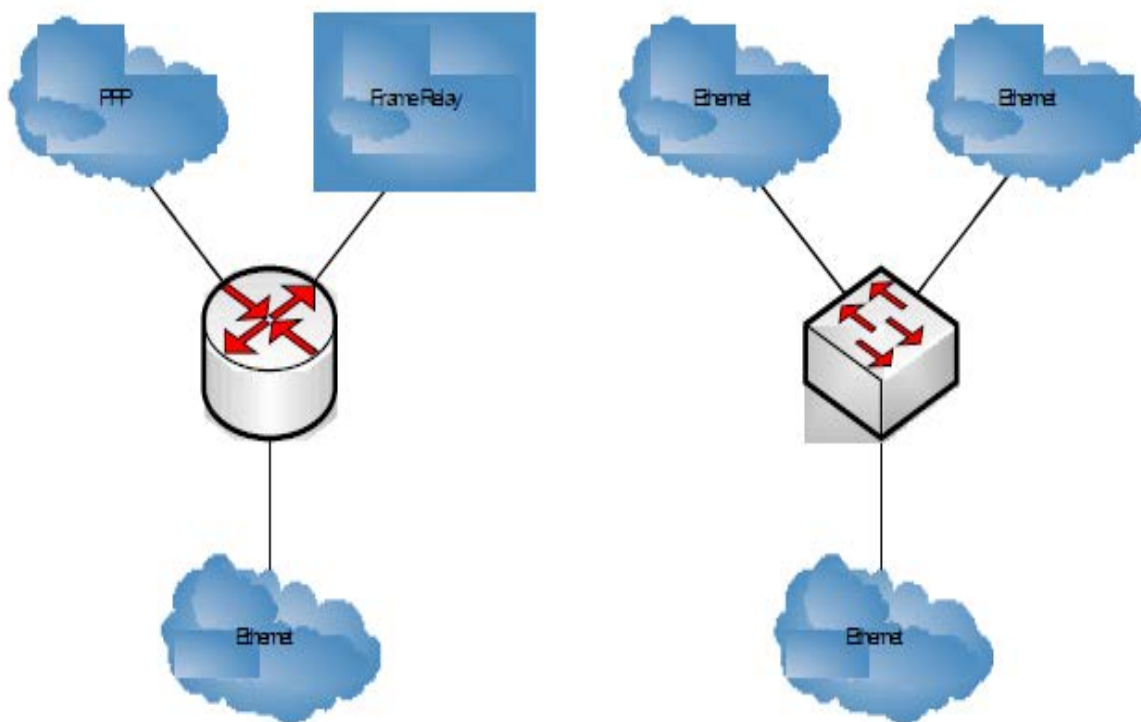


Рисунок 1.3 – Маршрутизаторы и коммутаторы третьего уровня.

На рисунке видно, что маршрутизатор осуществляет коммутацию пакетов между интерфейсами с различными протоколами второго уровня. Другими словами маршрутизатор производит переупаковку полезной информации из поступающих к нему пакетов различных протоколов второго уровня. Например, из Ethernet в PPP или Frame Relay.

Коммутаторы третьего уровня могут только просматривать информацию сетевого уровня находящуюся в поступающих на его интерфейсы пакетах. На основе полученной информации коммутатор третьего уровня производит коммутацию пакета на выходной интерфейс. Коммутатор третьего уровня не производит переупаковку полезной информации из поступающих к нему пакетов. Следовательно, применение коммутаторов третьего уровня возможно только в сетях Ethernet. Однако благодаря высокой производительности коммутаторы третьего уровня осуществляют быструю маршрутизацию пакетов в сетях с пропускной способностью каналов связи до 1 Гбит/с и выше. Маршрутизирующие

протоколы и алгоритмы работы маршрутизации на маршрутизаторах и коммутаторах третьего уровня одинаковые. По этой причине далее мы будем понимать под маршрутизаторами как их самих, так и коммутаторы третьего уровня.

Алгоритмы работы маршрутизаторов могут быть как статическими, так и динамическими.

При статической маршрутизации конфигурирование производится вручную.

При динамической маршрутизации обменом информацией управляют протоколы маршрутизации, благодаря им маршрутизаторы могут отслеживать топологию сети и корректировать маршруты. И статическая, и динамическая конфигурации, а также их комбинирование преследуют одну и ту же цель обеспечить обмен информацией между удаленными узлами.

1.1.2 Административное расстояние.

В процессе маршрутизации производится выбор оптимального маршрута к сетям получателям. Так как одновременно на маршрутизаторе может быть запущено сразу несколько протоколов маршрутизации, необходим метод выбора между маршрутами, полученными от разных протоколов маршрутизации. В маршрутизаторах для выбора маршрутов полученных от разных протоколов маршрутизации используется концепция административного расстояния.

Административное расстояние рассматривается как мера достоверности источника информации о маршруте. Это имеет смысл тогда, когда маршрутизатор имеет информацию о маршруте до сети получателя от нескольких протоколов маршрутизации.

Малые значения величины административного расстояния предпочтительнее больших значений. Стандартные значения административного расстояния устанавливаются такими, чтобы значения, вводимые вручную, были предпочтительнее, значений полученных автоматически, и протоколы маршрутизации с более сложными метриками были предпочтительнее протоколов маршрутизации, имеющих простые метрики. В таблице 1.1 представлены административные расстояния, которые применяются в маршрутизаторах Cisco для различных протоколов маршрутизации.

Таблица 1.1 – Административные расстояния в маршрутизаторах Cisco.

Источник информации о маршруте	Стандартное административное расстояние
Прямое соединение	0
Статический маршрут	1
Суммарный маршрут EIGRP	5
Внешний BGP	20
Внутренний EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIPv1 RIPv2	120
Внешний EIGRP	170
Внутренний BGP	200
Неизвестный	255

1.1.3 Метрики маршрутов.

Определение того, какой собственно маршрут является наилучшим путем к сети получателю, является особенностью присущей любому протоколу. Каждый протокол имеет свою меру того, что является лучшим. Маршрутизаторы характеризуют маршрут к сети с помощью метрики маршрута.

Процесс маршрутизации выбирает маршрут, обладающий наименьшим значением метрики.

Метрики могут быть вычислены на основе одной или нескольких характеристик. Наиболее часто в алгоритмах маршрутизации используются следующие параметры:

- ширина полосы пропускания представляет собой средство оценки объема информации, который может быть передан по каналу связи;
- задержка – промежуток времени, необходимый для перемещения пакета по каждому из каналов связи от отправителя к получателю. Задержка зависит от пропускной способности промежуточных каналов, размера очередей в портах маршрутизаторов, загрузки сети и физического расстояния;
- загрузка – средняя загруженность канала связи в единицу времени;

Надежность – относительное количество ошибок на канале связи;

- количество переходов – количество маршрутизаторов, которые должен пройти пакет, прежде чем он достигнет пункта назначения;

- стоимость – значение, обычно вычисляемое на основе пропускной способности, денежной стоимости или других единиц измерения, назначаемых администратором.

К пункту назначения может существовать множество путей, и все они могут отображаться в таблице маршрутизации. Если существует более чем один путь к узлу получателю, протокол маршрутизации должен выбрать один путь как наилучший и поместить его в таблицу маршрутизации. Однако многие протоколы маршрутизации поддерживают механизм балансировки нагрузки, при котором в таблицу маршрутизации могут быть записаны несколько возможных маршрутов к узлу получателю, и передача трафика будет осуществляться по каждому из маршрутов.

1.1.4 Построение таблицы маршрутизации.

Одной из основных задач маршрутизаторов является построение таблицы маршрутизации на основе данных полученных от протоколов маршрутизации и настройках введенных вручную.

Выбор маршрута для занесения в таблицу маршрутизации должен основываться на следующих критериях:

- доступность IP адреса перехода. Процесс маршрутизации заключается в последовательной передаче трафика от отправителя к получателю. Маршрутизатор должен знать IP адрес следующего маршрутизатора в цепочки передачи трафика.

- метрика маршрута. Если переход возможен, то протокол маршрутизации выбирает наилучший возможный маршрут передачи. Критерием выбора маршрута является минимальная метрика маршрута.

- префикс. Маршрутизатор рассматривает длину префикса (маска под-

сети), если имеется несколько маршрутов до сети получателя, но с разными префиксами, то в таблицу маршрутизации заносятся все маршруты.

– административное расстояние маршрута. Если маршрутизатор имеет более одного маршрута до получателя, критерием выбора для занесения в таблицу маршрутизации является минимальное административное расстояние.

После создания таблицы маршрутизации маршрутизатор должен поддерживать ее точное соответствие реальной топологии сети. Поддержка таблиц маршрутизации осуществляется либо администратором сети вручную, либо с помощью динамических протоколов маршрутизации. Независимо от того, конфигурируются ли маршруты вручную или с помощью протоколов маршрутизации, точность отображения маршрутов является ключевым фактором в способности маршрутизатора обеспечивать пересылку данных ее получателям.

1.1.5 Механизмы маршрутизации.

Существует несколько механизмов маршрутизации, которые маршрутизатор использует для построения и поддержания в актуальном состоянии своей таблицы маршрутизации. В общем случае при построении таблицы маршрутизации маршрутизатор применяет комбинацию следующих методов маршрутизации:

- прямое соединение;
- статическая маршрутизация;
- маршрутизация по умолчанию; – Динамическая маршрутизация.

И хотя каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, они не являются взаимоисключающими.

Прямое соединение – это маршрут, который является локальным по отношению к маршрутизатору. Если один из интерфейсов маршрутизатора соединен, с какой либо сетью напрямую, то при получении пакета, адресованного такой подсети, маршрутизатор сразу отправляет пакет на интерфейс к

которому она подключена, не используя протоколы маршрутизации (Рисунок 1.4).

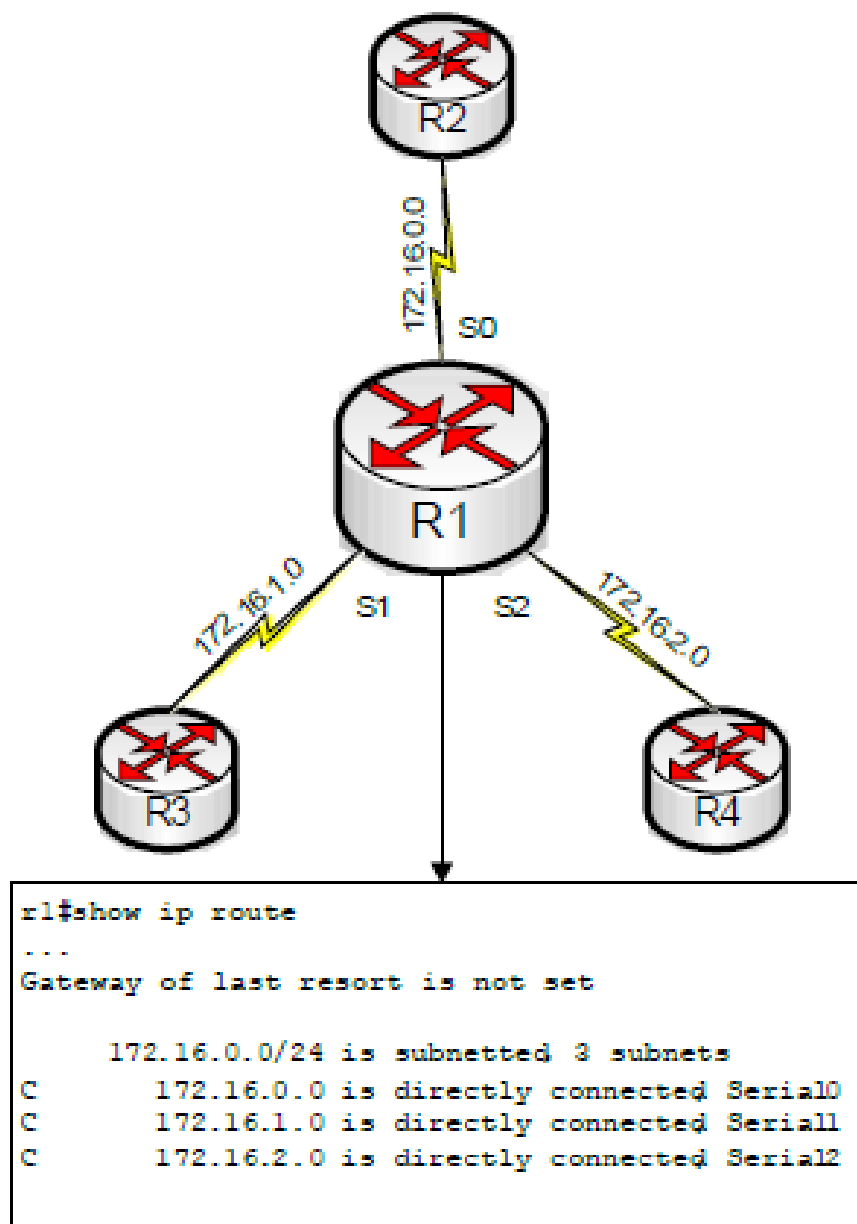


Рисунок 1.4 – Прямое соединение.

Прямые соединения всегда являются наилучшим способом маршрутизации. Поскольку маршрутизатору всегда известна непосредственно присоединенная к нему сеть, пакеты, предназначенные для нее, направляются из первых рук, и маршрутизатор не полагается на другие средства определения маршрутов, например на статические или динамические механизмы маршру-

тизации.

Статические маршруты – это такие маршруты к сетям получателям, которые администратор сети вручную вносит в таблицу маршрутизации. Статический маршрут определяет IP адрес следующего соседнего маршрутизатора или локальный выходной интерфейс, который используется для направления трафика к определенной сети получателю.

Как следует из самого названия, статический маршрут не может быть автоматически адаптирован к изменениям в топологии сети. Если определенный в маршруте маршрутизатор или интерфейс становятся недоступными, то маршрут к сети получателю становится недоступным.

Преимуществом этого способа маршрутизации является то, что он исключает весь служебный трафик, связанный с поддержкой и корректировкой маршрутов.

Статическая маршрутизация может быть использована в следующих ситуациях:

- когда администратор нуждается в полном контроле маршрутов используемых маршрутизатором;
- когда необходимо резервирование динамических маршрутов; – когда есть сети достижимые единственно возможным путем;
- когда нежелательно иметь служебный трафик необходимый для обновления таблиц маршрутизации, например при использовании коммутируемых каналов связи.
- когда используются устаревшие маршрутизаторы не имеющие необходимого уровня вычислительных возможностей для поддержки динамических протоколов маршрутизации.

Наиболее предпочтительной топологией для использования статической маршрутизации является топология «звезда». При данной топологии маршрутизаторы, подключенные к центральной точки сети, имеют только один маршрут для всего трафика, который будет проходить через центральный узел

сети. И один или два маршрутизатора в центральной части сети имеют статические маршруты до всех удаленных узлов.

Однако со временем такая сеть может вырасти до десятков и сотен маршрутизаторов с произвольным количеством подключенных к ним подсетей. Количество статических маршрутов в таблицах маршрутизации будет увеличиваться пропорционально увеличению количества маршрутизаторов в сети. Каждый раз при добавлении новой подсети или маршрутизатора, администратор должен будет добавлять новые маршруты в таблицы маршрутизации на всех необходимых маршрутизаторах.

При таком подходе может наступить момент, когда большую часть своего рабочего времени администратор будет заниматься поддержкой таблиц маршрутизации в сети. В этом случае необходимо сделать выбор в сторону использования динамических протоколов маршрутизации.

Другой недостаток статической маршрутизации проявляется при изменении топологии корпоративной сети. При этом администратор должен вручную вносить все изменения в таблицы маршрутизации маршрутизаторов, на которые повлияли изменения в топологии сети.

Протоколы динамической маршрутизации могут автоматически отслеживать изменения в топологии сети.

При использовании протоколов динамической маршрутизации, администратор сети конфигурирует выбранный протокол на каждом маршрутизаторе в сети. После этого маршрутизаторы начинают обмен информацией об известных им сетях и их состояний. Причем маршрутизаторы обмениваются информацией только с теми маршрутизаторами, где запущен тот же протокол динамической маршрутизации. Когда происходит изменение топологии сети, информация об этих изменениях автоматически распространяется по всем маршрутизаторам, и каждый маршрутизатор вносит необходимые изменения в свою таблицу маршрутизации.

Показанная на рисунке 1.5 сеть по-разному адаптируется к изменениям топологии, в зависимости от того, какой тип маршрутизации используется:

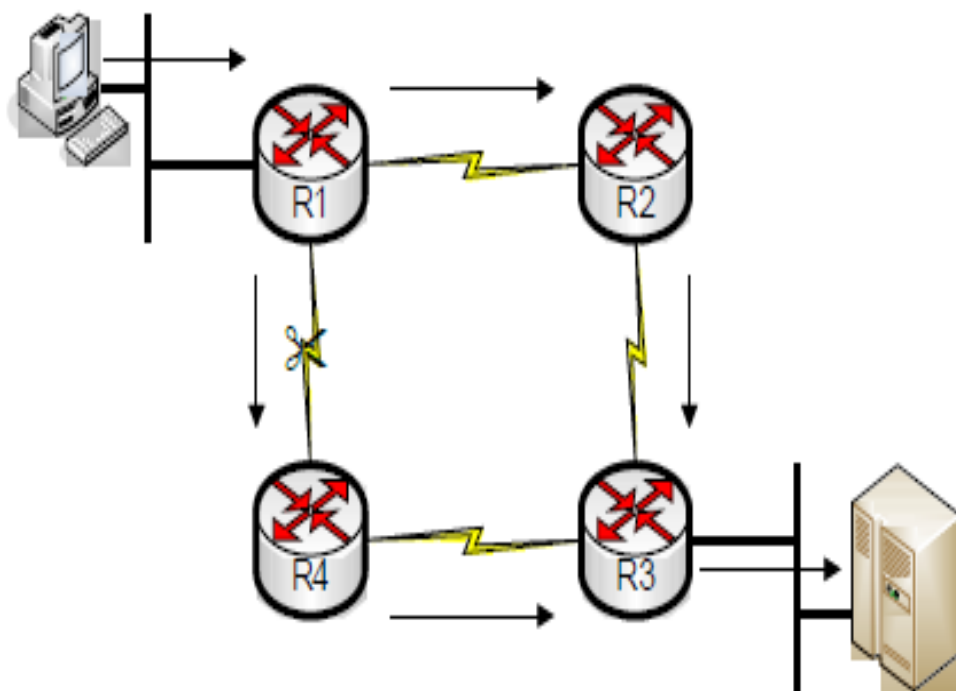


Figure	Figure	Figure	Figure	Figure
F1	F2	F3	F4	F5

$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
H	C	C	C	C	C	C	D

второй путь к пункту назначения через маршрутизатор R2. Когда маршрутизатор R1 узнает о том, что канал к маршрутизатору R4 вышел из строя, он обновит свою таблицу маршрутизации, делая маршрут через маршрутизатор R2 предпочтительным маршрутом к пункту назначения. В этом случае маршрутизаторы продолжают пересылку пакетов по резервному каналу.

После того как маршрут между маршрутизаторами R1 и R4 восстановится, маршрутизатор R1 снова обновляет свою таблицу маршрутизации, отдавая предпочтение основному маршруту через маршрутизатор R4.

Протоколы динамической маршрутизации могут также для повышения эффективности работы сети применять механизм балансировки нагрузки по нескольким маршрутам.

Успешное функционирование динамической маршрутизации зависит от выполнения маршрутизатором двух его основных функций при динамической маршрутизации (Рисунок 1.6):

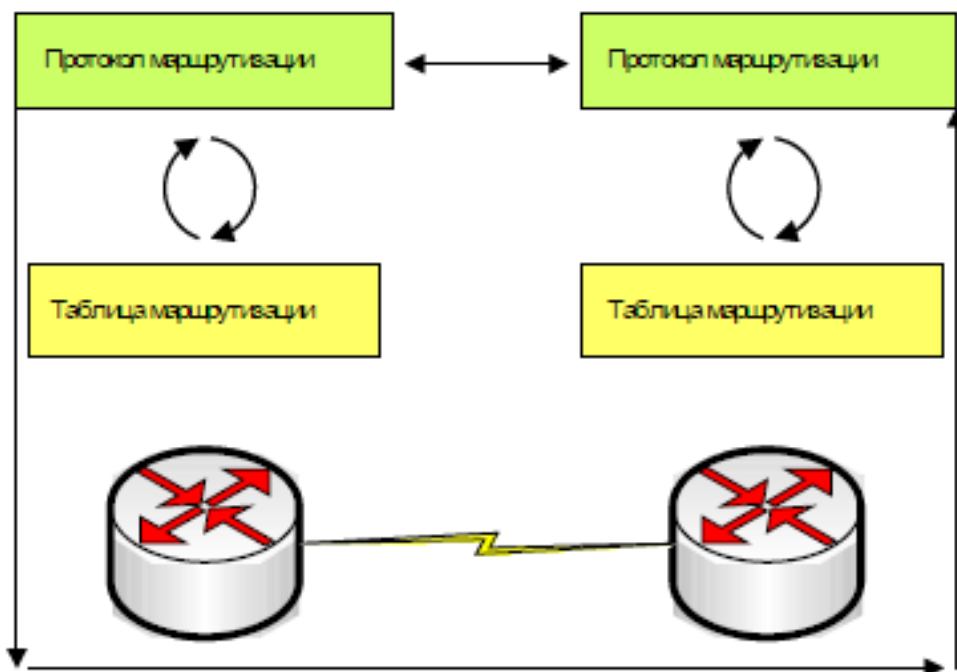


Рисунок 1.6 – протоколы маршрутизации поддерживают информацию о маршрутах.

– поддержка таблицы маршрутизации в актуальном состоянии;

– своевременное распространение информации об известных им сетях и маршрутах среди остальных маршрутизаторов.

При распространении информации о сетях механизм динамической маршрутизации использует один из протоколов маршрутизации. Такой протокол определяет набор правил, используемых маршрутизатором при осуществлении связи с соседними маршрутизаторами. Протокол маршрутизации определяет:

- каким образом распространяются обновления маршрутов; – какая информация содержится в обновлениях;
- как часто рассылаются обновления;
- каким образом выполняется поиск получателей обновлений.

1.2 Стоимость маршрута.

Метрика маршрута или расстояние до сети также называемая стоимостью маршрута одна из главных составляющих информации передаваемой между маршрутизаторами об известных им маршрутах до сетей получателей. Каждый протокол маршрутизации имеет собственные параметры и алгоритмы расчета метрик маршрутов. В качестве параметров для расчета метрик маршрутов выступают: количество переходов на пути до сети получателя, скорость передачи данных по каналу связи или более сложные метрики, в которых принимаются во внимание сразу несколько характеристик маршрута (Рисунок 1.7).

Большинство протоколов маршрутизации ведут базы данных обо всех известных им сетях, а так же обо всех известных маршрутах до этих сетей. Если маршрутизатору известно больше одного маршрута до сети получателя, то он сравнивает метрики этих маршрутов и передает в таблицу маршрутизации маршрут с наименьшей метрикой.

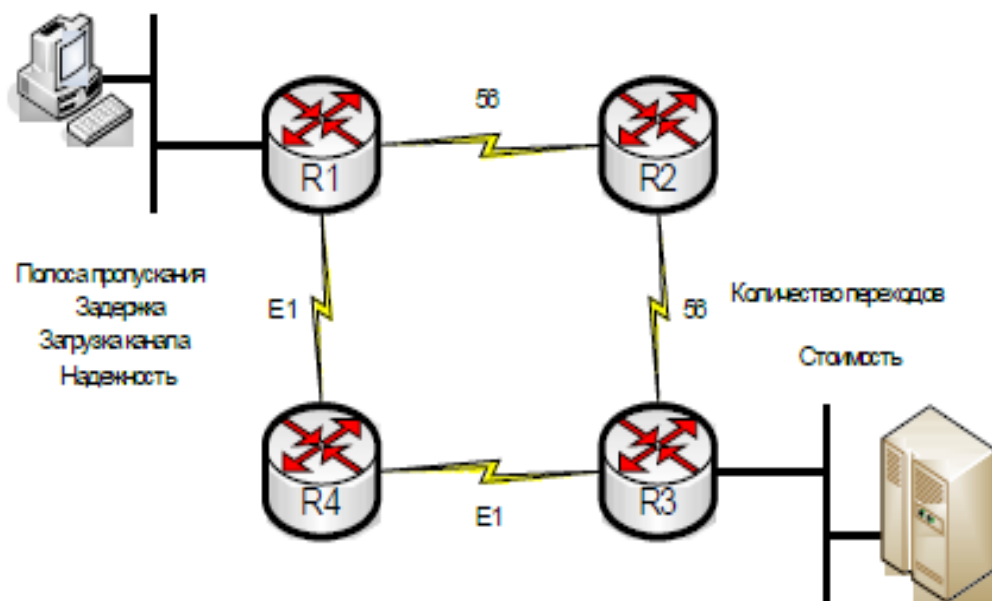


Рисунок 1.7 – Метрики, используемые для определения наилучшего маршрута.

1.3 Протокол RIP.

Протокол маршрутной информации (Routing Informational Protocol – RIP) был первоначально определен в документе RFC 1058. Наиболее существенны следующие его характеристики:

1. RIP является дистанционно-векторным протоколом маршрутизации;
2. В качестве метрики при выборе маршрута используется количество переходов;
3. Максимальная длина маршрута равняется 15 переходам;
4. По умолчанию обновления маршрутной информации рассылаются широковещательным способом.

При работе протокола RIP используется транспортный протокол UDP. Все устройства, поддерживающие RIP, прослушивают UDP порт 520 и осуществляют передачу через этот же порт. В сетях общего доступа, таких как Eth-

ernet, эти широковещательные дейтаграммы получают все устройства широковещательного домена.

Протокол RIP использует расстояние как единственную метрику для определения наилучшего маршрута, т.е. чем короче маршрут, тем он лучше. Если к пункту назначения существует множество маршрутов, то маршрутизаторы поддерживающие протокол RIP, выбирают из них кратчайший и записывают его в таблицу маршрутизации.

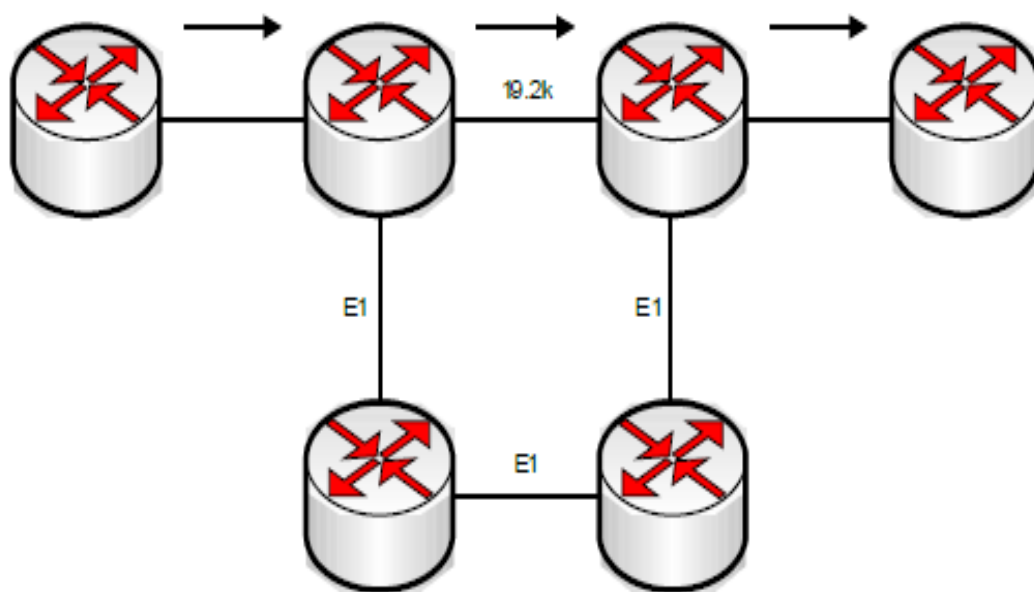


Рисунок 1.4 – Метрика маршрута в протоколе RIP.

На рисунке 5.1 маршрут с полосой пропускания равной 19,2 Кбит/с включает в себя три перехода. Нижний альтернативный маршрут по каналам связи E1 включает пять переходов. Поскольку выбор маршрута в протоколе RIP основывается исключительно на количестве переходов, то в данном случае в таблицу маршрутизации будет записан маршрут с пропускной способностью 19,2 Кбит/с вместо гораздо более быстрых каналов E1.

Протокол RIP предотвращает появление петель в маршрутизации, устанавливая максимальное количество переходов на маршруте от отправителя к получателю. Стандартное максимальное значение количества переходов равно 15. При получении маршрутизатором обновления маршрутной информации, содержащего новую или измененную запись, он увеличивает значение метрики

на единицу. Если при этом значение метрики превышает 15, то мет-рика считается бесконечно большой, а маршрут до сети получателя недости-жимым. Кроме этого чтобы повысить эффективность работы протокол RIP использует механизмы расщепления горизонта и таймеры удержания инфор-мации.

Для настройки протокола RIP на маршрутизаторах Cisco необходимо использовать команду `router rip`. После запуска на маршрутизаторе процесса маршрутизации RIP необходимо включить в данный процесс маршрутизации сети, о которых будет распространяться маршрутная информация. Для описа-ния сетей участвующих в процессе маршрутизации используется команда `net-work network-number` (Рисунок 1.5).

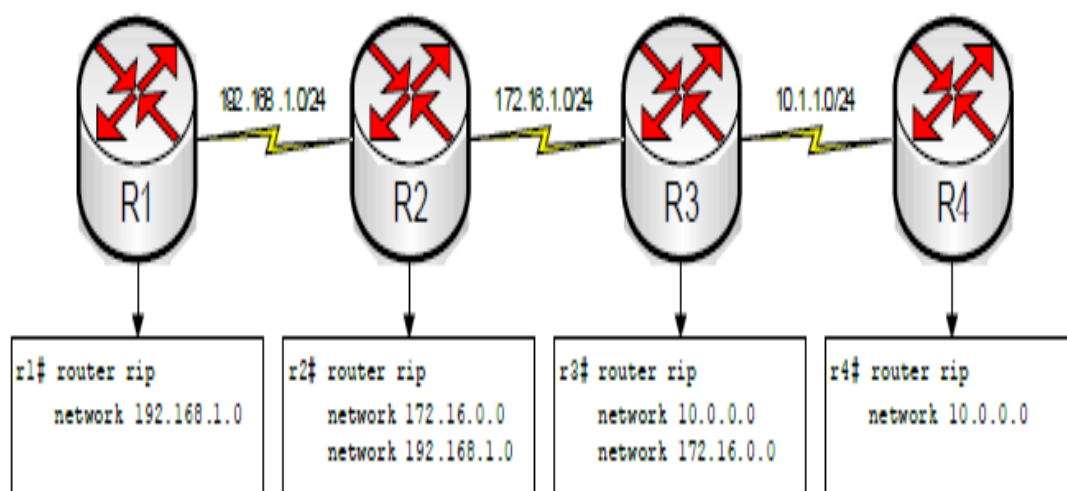


Рисунок 1.5 – Запуск процесса маршрутизации RIP.

После задания сетей участвующих в процессе маршрутизации, с интер-фейсов маршрутизатора на которые назначены IP адреса из этих сетей будет производиться рассылка маршрутной информации, а также будет возмож-ность приема маршрутной информации от соседних маршрутизаторов входя-щих в домен маршрутизации, поэтому необходимо не забывать о применении команды `passive-interface`.

1.4 Протокол EIGRP.

Протокол EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) расширенный протокол маршрутизации внутреннего шлюза является расширенной версией протокола IGRP. Он является фирменным протоколом корпорации Cisco представленным в 1994 году, однако в настоящее время ряд сторонних производителей лицензировал EIGRP для реализации в своем телекоммуникационном оборудовании.

Протокол EIGRP берет свое начало от дистанционно векторной маршрутизации. Как и его предшественник, протокол IGRP, EIGRP прост в настройке и нашел применение в большом спектре сетевых топологий.

По способу представления маршрутной информации протокол EIGRP все же является дистанционно-векторным протоколом. Сети получатели в маршрутных обновлениях сопровождаются метриками и адресами «следующих» маршрутизаторов. Подобно другим дистанционно-векторным протоколам, протокол EIGRP не обладает полными знаниями о топологии сети передачи данных.

Однако в основе протокола EIGRP лежит не алгоритм Беллмана Форда, а алгоритм DUAL (Diffusing Update Algorithm), алгоритм диффузионного обновления. Сам алгоритм ведет свое начало от работы Эдсгера Дейкстры и К. С. Шольтена (Edsger Dijkstra, C. S. Sholten) «Termination Detection for Diffusing Computations» изданной в 1980 году.

Алгоритм DUAL подкреплён многими математическими работами, основной из которых является «Loop-Free Routing Using Diffusing Computations», написанная Х. Х. Гарсия-Луна-Асевесом (J. J. Garcia-Luna-Aceves).

Как и все бесклассовые протоколы маршрутизации, протокол EIGRP рассылает обновления маршрутной информации с масками подсетей. Это позволяет поддерживать работу с изолированными подсетями и масками подсетей переменной длины.

Протокол EIGRP представляет собой комбинированный протокол

маршрутизации, включающий многие свойства дистанционно-векторных протоколов и, кроме того, некоторые характеристики протоколов маршрутизации по состоянию канала. Такой гибридный протокол обеспечивает следующие возможности:

- быстрота процесса сходимости. Маршрутизатор, с запущенным протоколом EIGRP, сохраняет резервные маршруты, что повышает скорость сходимости сети. Если в локальной таблице маршрутизации нет соответствующего резервного маршрута, протокол EIGRP опрашивает соседние маршрутизаторы. Эти запросы рассылаются до тех пор, пока альтернативный маршрут не будет найден.

- снижение служебного трафика. Протокол EIGRP не рассылает периодические обновления. Вместо этого здесь используются частичные обновления при изменении маршрутов или метрик маршрутов к получателям. При изменении маршрутизирующей информации алгоритм DUAL рассылает обновление только о конкретном канале передачи данных, не затрагивая при этом всю таблицу маршрутизации.

- поддержка на различных сетевых уровнях. Протокол EIGRP поддерживает сети IP, IPX, и Apple Talk благодаря применению модулей PDM (protocol dependent modules).

- совместимость между всеми протоколами и топологиями. EIGRP не требует специальной конфигурации для работы с любыми протоколами второго уровня. Другие протоколы маршрутизации, например OSPF, используют различные конфигурации для различных протоколов второго уровня, таких как Ethernet или Frame Relay. EIGRP также поддерживает настройки позволяющие снижать служебный трафик по низкоскоростным каналам связи.

1.5 Протокол OSPF.

Протокол маршрутизации по состоянию каналов OSPF (Open Shortest Path First) описан в документе RFC 2328. Протокол OSPF использует алгоритм

SPF и поэтому может осуществлять более интеллектуальный выбор маршрута по сравнению с дистанционно-векторными протоколами маршрутизации. Существует несколько версий протокола OSPF, в настоящее время широкое распространение получила вторая версия протокола – OSPF v2.

Все маршрутизаторы поддерживающие OSPF, сети и подсети логически объединены в зоны. Сети передачи данных, в которых применяется протокол OSPF, могут составлять одну зону или включать множество зон, организованных по иерархическому признаку. Объединенная сеть передачи данных, использующая протокол OSPF, независимо от того, состоит ли она из одной зоны или включает множество зон, представляет собой один домен маршрутизации, или другими словами одну автономную систему. Такая иерархическая структура позволяет локализовать изменения маршрутов и трафик маршрутных обновлений в пределах каждой зоны. Соответственно, это уменьшает нагрузку на каналы связи, связанные с поддержкой больших таблиц маршрутизации и пересчетом этих таблиц в случае изменения маршрутов.

Протокол OSPF обладает следующими свойствами:

- групповая рассылка обновлений. В протоколе OSPF рассылка топологической информации о состоянии каналов связи осуществляется по групповому адресу 224.0.0.5 для всех маршрутизаторов OSPF и по адресу 224.0.0.6 для назначенного и резервного назначенного маршрутизатора.
- бесклассовая маршрутизация. Протоколом OSPF поддерживается технология VLSM.
- аутентификация. Маршрутизаторы OSPF имеют возможность использовать несколько методов аутентификации, таких как аутентификация по паролю или с помощью MD5.
- быстрота распространения изменений в топологии. Благодаря отсутствию периодической рассылки обновлений маршрутной информации маршрутизатор, обнаруживший изменения в топологии сети, незамедлительно оповещает об этом все соседние маршрутизаторы,
- экономия пропускной способности каналов связи. Протокол OSPF

производит периодическую рассылку информации базы данных топологии сети передачи данных через длительные промежутки времени, 30 минут.

– иерархическое разделение сети передачи данных. Протокол OSPF позволяет произвести иерархическое разделение сети передачи данных на несколько зон, с целью уменьшения нагрузки на маршрутизаторы внутри каждой зоны.

1.6 Выводы по первому разделу.

Одной из важных задач сетей передачи данных в Украине и Анголе является получения оптимальной метрики маршрутизации для объединенных сетей. Несмотря на огромное число публикаций и усилия фирм производителей коммуникационного оборудования данная задача окончательно не решена.

Поэтому разработка и исследование математических моделей маршрутизаторов и методов для анализа и разработки метрик маршрутизаторов глобальных сетей передачи данных, является актуальной задачей, решение которой способствует дальнейшему развитию ТК сетей.

Целью дипломной работы является разработка математических моделей и методов маршрутизации глобальных сетей передачи данных в системе с переменными параметрами на основе разработки обобщенной метрики маршрутизации при выборе оптимального маршрута.

Для достижения поставленной цели в дипломной работе решаются следующие задачи:

- системный анализ алгоритмов маршрутизации;
- разработка и исследование метода маршрутизации в системе с переменными параметрами;
- разработка метода для получения обобщенной метрики маршрутизации при выборе оптимального маршрута передачи данных, учитывающий время задержки; пропускную способность канала; устойчивость маршрута;
- разработка модели маршрутизатора с протоколом RIP для IP в системе

Simulink, что позволяет отслеживать поведение маршрутизатора при различных параметрах обслуживания очередей;

РАЗДЕЛ 2

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ протоколов межсетевого взаимодействия TCP / IP.
Классификация и анализ параметров алгоритмов маршрутизации.

Приведен системный анализ понятия маршрутизации по выбору путей передачи данных в глобальных сетях.

Показано, что использование механизма доставки пакетов становится возможным благодаря реализации во всех узлах сети протокола межсетевого обмена IP. Система адресов позволяет на каждом шлюзе выбирать одношляховый или багатошляховый маршрут, основываясь на текущей информации о состоянии сети, что повышает надежность системы в целом. Определено, что основная цель применения маршрутизаторов объединение разнородных сетей и обслуживание альтернативных путей.

Проанализирована структура стека протоколов TCP / IP (рис. 2.1), используемых при передаче данных, стек протоколов TCP и стек протоколов при работе через транспортный протокол UDP. Показано, что в этих протоколах вся информация о пути, по которому должен пройти пакет, берется из самой сети в момент прохождения пакета.

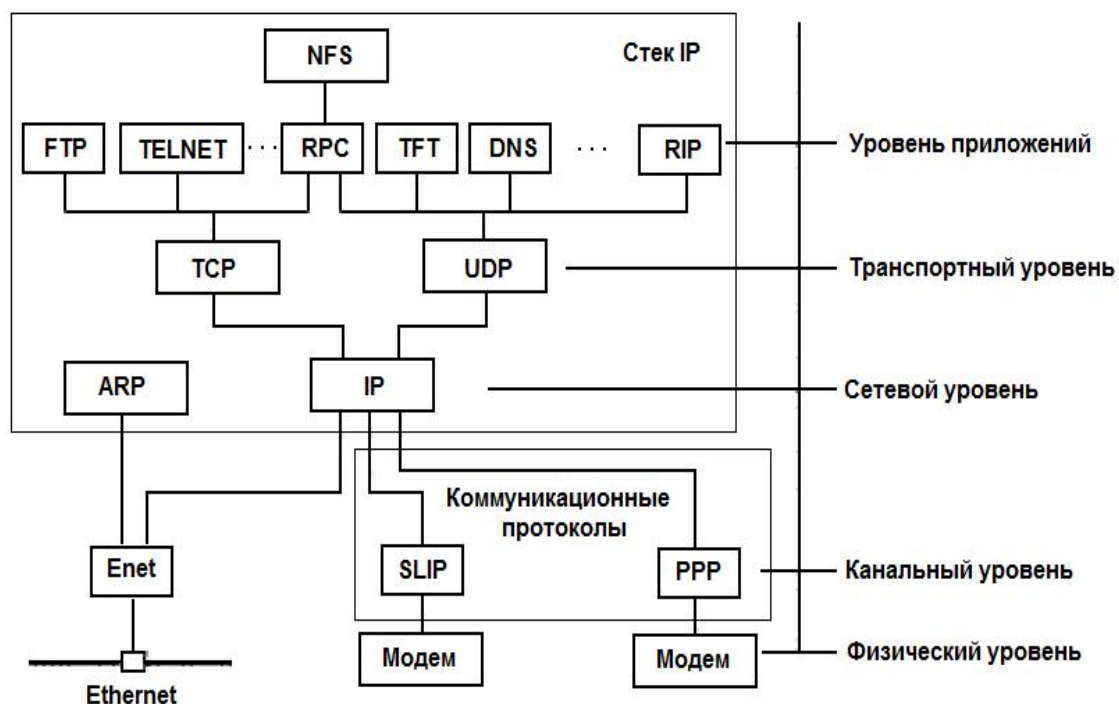


Рисунок. 2.1. Сопоставление архитектуры протоколов семейства TCP / IP и эталонной модели OSI.

Исследованы возможности маршрутизации в IPv4 и IPv6. Показано, что для единой системы маршрутизации в стандарт IPv6 добавлено три новых возможности маршрутизации: маршрутизация поставщика IP-услуг, маршрутизация мобильных узлов и автоматическая переадресация.

Основой для разработки алгоритмов маршрутизации является достижение перечисленных ниже целей:

- оптимальность;
- простота и низкие непроизводительные расходы;
- живучесть и стабильность;
- быстрая сходимость;
- гибкость.

Анализ показывает, что оптимальность является самой общей целью и характеризует способность алгоритма маршрутизации выбирать "наилучший" маршрут, в качестве которого выступают различные параметры доставки

данных

Алгоритмы, принимающих решения о маршруте (алгоритмы маршрутизации) могут быть:

1. статическими или динамическими;
2. одномаршрутными или многомаршрутным;
3. одноуровневыми или иерархическими;
4. с интеллектом в главной вычислительной машине или в маршрутизаторе;
5. внутридоменными и междоменной;
6. алгоритмами состояния канала или вектора расстояний.

Для маршрутизации сообщений в основном используются динамические алгоритмы маршрутизации, которые имеют возможность подстраиваться к обстоятельствам сети изменяющимся в масштабе реального времени. Динамические алгоритмы маршрутизации могут дополнять статические маршруты.

В метриках маршрутизации используются следующие показатели:

- длина маршрута;
- надежность;
- задержка;
- ширина полосы пропускания
- нагрузки каналов и узлов
- стоимость связи.

В результате комбинации перечисленных параметров получаем один отдельный (гибридный) показатель, который называется метрикой. Именно метрика является определяющим параметром при выборе маршрута из таблиц маршрутизации.

2.2 Анализ теоретических основ маршрутизации.

Во втором разделе проведен анализ теоретических основ маршрутизации на основе графовых методов описания сетей. Сформулированы задачи о кратчайшем пути, позволяющие решать задачи маршрутизации.

Определены три самых распространенных и наиболее эффективных алгоритма нахождения кратчайшего пути:

- алгоритм Дейкстры. Используется для нахождения оптимального маршрута между двумя вершинами.
- алгоритм Флойда. Используется для нахождения оптимального маршрута между всеми парами вершин.
- алгоритм Йена. Используется для нахождения k -оптимальных маршрутов между двумя вершинами.

Показано, что все известные алгоритмы нахождения кратчайшего пути требуют значительных вычислительных ресурсов примерно $O(n^2)$ операций, где n - число узлов сети.

2.3 Протоколы динамической маршрутизации.

Рассмотрена методика создания IP сети со статической маршрутизацией, которая больше всего подходит для небольших статических объединенных IP-сетей с единственными путями. Вместо использования протоколов маршрутизации в достаточно медленном канале глобальной связи, на маршрутизаторе офиса подразделения задается единственный маршрут по умолчанию, обеспечивающий передачу в главный офис всего трафика, не имеет адресатов в сети подразделения. Показано, что поскольку автономные системы связаны между собой не так тесно, как компьютеры внутри AS, то можно оптимизировать маршруты с целью достижения максимальной скорости передачи информации.

Проведенный анализ протокола RIP, предназначенного для небольших и

в основном однородных сетей. Маршрут в протоколе RIP характеризуется вектором расстояния до места назначения. Основное преимущество алгоритма вектора расстояний – его простота. Преимущества этого метода – быстрая реакция на хорошие новости (появление в сети нового маршрутизатора), а недостаток – очень медленная реакция на плохие известия (исчезновение одного из соседей). Для подавления нестабильностей RIP должен использовать малое значение максимально возможного числа шагов.

Протокол OSPF является альтернативой RIP как внутренний протокол маршрутизации и характеризуется состоянием маршрута (как метрика используется коэффициент качества обслуживания). Однако для его использования каждый маршрутизатор должен обладать полной информацией о состоянии всех интерфейсов всех маршрутизаторов (переключателей) автономной системы. Поскольку протокол не требует инкапсуляции пакетов, облегчается управление сетями с большим количеством мостов и сложной топологией (исключается циркуляция пакетов, сокращается транзитный трафик). Автономная система может быть разделена на отдельные области, каждая из которых становится объектом маршрутизации, а внутренняя структура внешне не видно.

Протокол IGRP позволяет большому числу маршрутизаторов координировать свою работу. Его основные преимущества:

- стабильность маршрутов даже в очень больших и сложных сетях;
- быстрый отклик на изменения топологии сети;
- минимальная избыточность;
- разделение потока данных между несколькими параллельными маршрутами, примерно равной стоимости;
- учет частоты ошибок и уровня загрузки каналов;
- возможность реализовать различные виды сервиса для одного и того же набора информации.

С помощью протокола IGRP есть возможность, используя весовые коэффициенты, адаптировать выбор маршрутов к задачам конечного

пользователя.

Лучший путь выбирается с использованием комбинированной метрики, вычисленной по формуле:

$$M(i, j) = (k_1 / B_e + k_2 \cdot D_c) \cdot r, \quad (2.1)$$

где: k_1, k_2 константы; B_e - пропускная способность канала (у отсутствии загрузки) * (1 - загрузка канала) D_c топологическая задержка; r относительная надежность, (% пакетов, успешно переданных по данному сегменту пути). Здесь загрузки измеряется как доля от 1.

Внешний протокол маршрутизации BGP-4 позволяет реализовать маршрутную политику, определенную администратором AS. Маршрутная политика отражается в конфигурационных файлах BGP, она определяет решения, когда место назначения достижимо несколькими путями, соображения безопасности, экономические интересы и др. Количество сетей в пределах одной AS не лимитирована. Один маршрутизатор на много сетей позволяет минимизировать таблицу маршрутов.

Протокол внешних маршрутизаторов EGP является протоколом междоменной досягаемости, который применяется в Internet. EGP является динамическим протоколом маршрутизации, не использует показатели и поэтому не может принимать решений о маршрутизации. Коррекция маршрутизации EGP содержит информацию только о достижимости сетей.

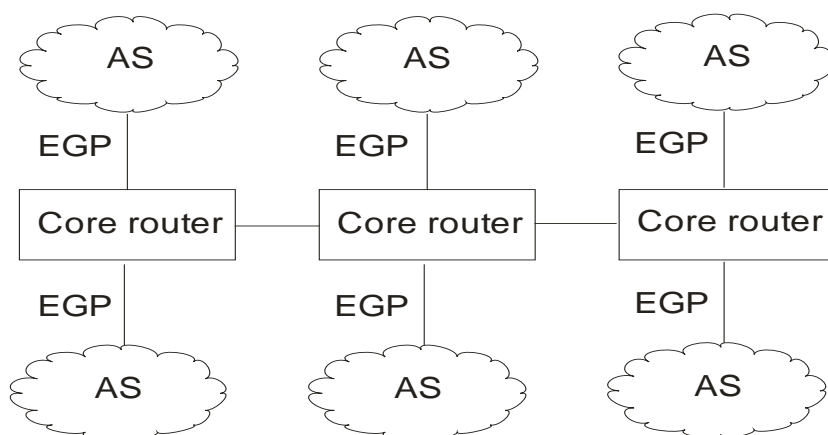


Рисунок.2. 2 Функционирование протокола EGP.

2.4 Исследования и реализация маршрутизаторов по протоколу RIP

Рассмотрена самомаршрутизация в среде по протоколу RIP, который лучше всего подходит для объединенных динамических IP-сетей небольших и средних размеров с множественными путями. Как метрика для определения наилучшего маршрута RIP использует число прыжков. Для достижения максимальной гибкости следует использовать в объединенной сети протокол RIP версии 2.

Сетевые протоколы активно используют в своей работе таблицу маршрутизации, но ни ее построением, ни ее поддержкой не занимаются. Эти функции выполняют протоколы маршрутизации. На основании этих протоколов маршрутизаторы обмениваются информацией о топологии сети. Затем

анализируют полученные сведения, определяя наилучшие по тем или иным критериям маршруты. Результаты анализа и составляют содержание таблиц маршрутизации.

Создана и исследована модель маршрутизатора по протоколу RIP для IP, функционирует в активном и пассивном режимах. Для этого реализована функциональная схема маршрутизатора -рисунок.2.3, состоящий из интерфейсов маршрутизатора, уровня сетевого протокола и уровня протоколов маршрутизации.

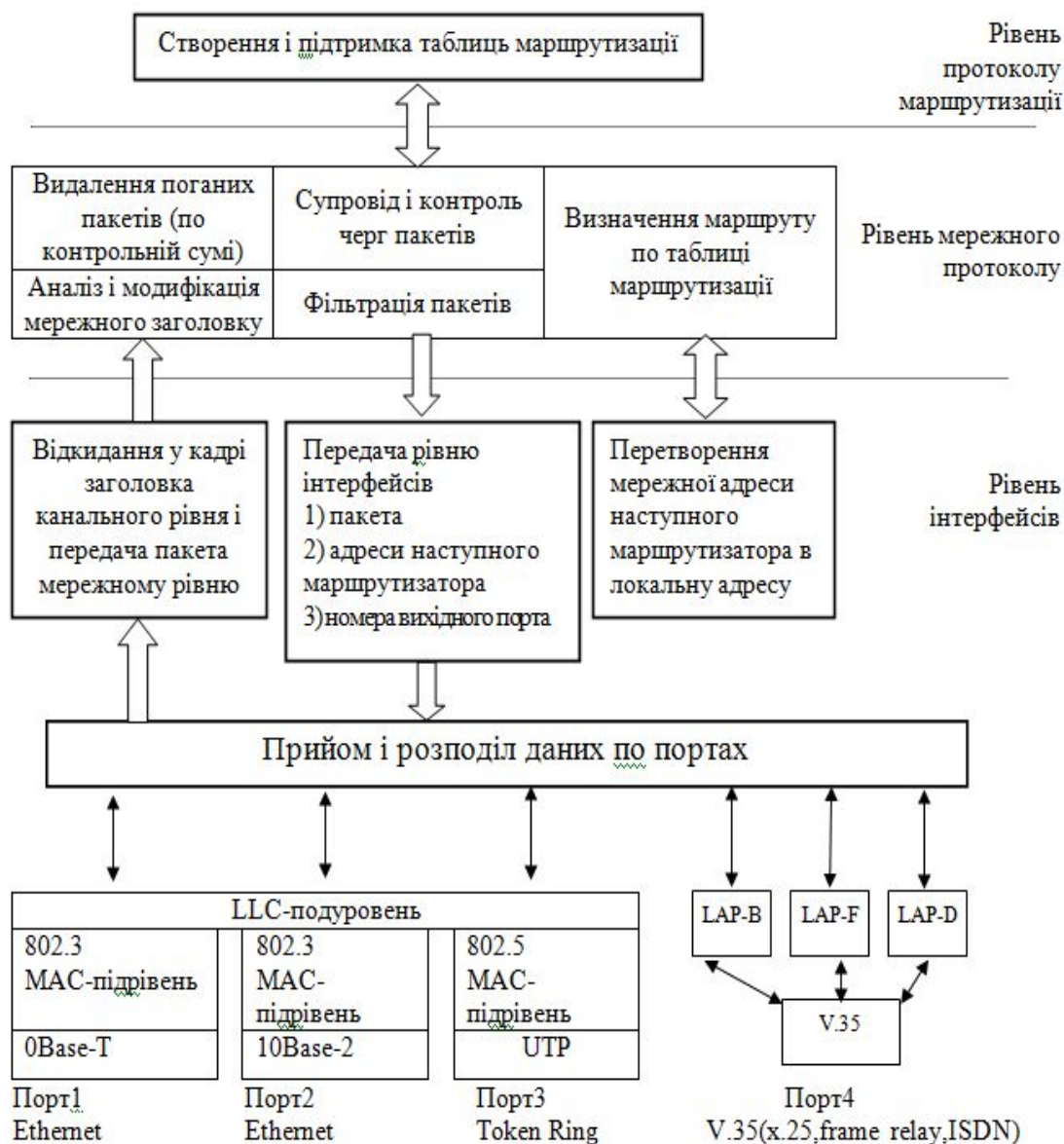


Рис.2.3 Модель маршрутизатора по протоколу RIP.

С помощью созданной модели маршрутизатора исследован алгоритм, осуществляющий маршрутизацию в системе с переменными параметрами. Будем считать, что промежуток времени между последовательными заявками и время обработки заявки должны пуассоновский распределение (1: 4)

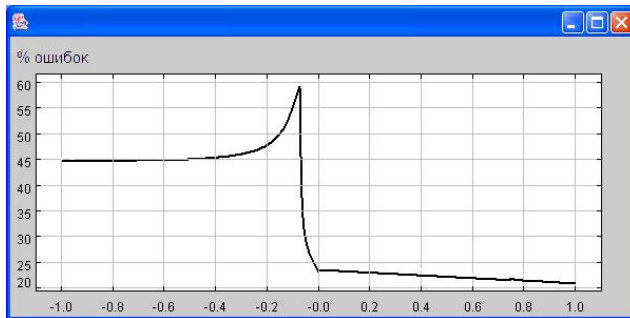
Если заявка направлена на k ий сервер, имеющий свободный канал, то заявка обрабатывается и индикатор $I_k = 1$. В случае отсутствия свободных каналов запрос перенаправляется на другой сервер. Если у него есть свободный канал, то заявка обрабатывается и индикатор $J_{l-k} = 1$. Эта ситуация является

ошибкой маршрутизации. При невозможности обработки заявки ни на одном из серверов происходит отказ в обслуживании и заявка покидает систему.

Задача оптимизации алгоритма заключается в распределении заявок по серверам таким образом, чтобы минимизировать количество ошибок. Результаты эксперимента показывают, что при малом количестве каналов на серверах (2/4) эффективнее алгоритм поочередного обработки заявок (21,2% ошибок), при большем количестве каналов (10/20) предпочтительным является метод перенаправления заявки на следующий сервер при возникновении ошибки маршрутизации (11,7% ошибок), при малом количестве каналов на серверах количество ошибок этого алгоритма возрастает до 31,0%

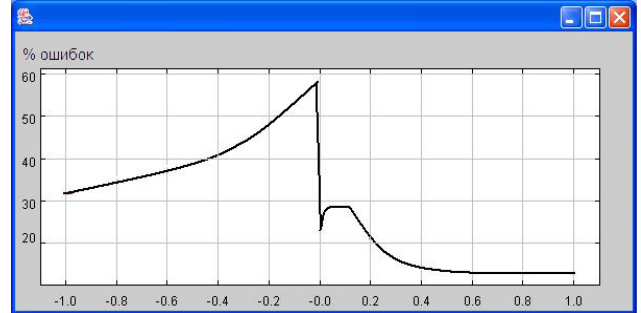
Алгоритм “ θ -J – θ -I”

$$\theta := \theta + \alpha * (\text{getIndikatorJ}(0) - \text{getIndikatorJ}(1)) - \alpha * (\text{getIndikatorI}(0) - \text{getIndikatorI}(1))$$



Алгоритм “ θ -J + θ -I”

$$\theta := \theta + \alpha * (\text{getIndikatorJ}(0) - \text{getIndikatorJ}(1)) + \alpha * (\text{getIndikatorI}(0) - \text{getIndikatorI}(1))$$



Кількість помилок маршрутизації

Алгоритм “ θ -J згладжений”

$$\theta := \theta + \alpha * (\text{getIndikatorJ}(0) * \theta - \text{getIndikatorJ}(1) * (1 - \theta))$$

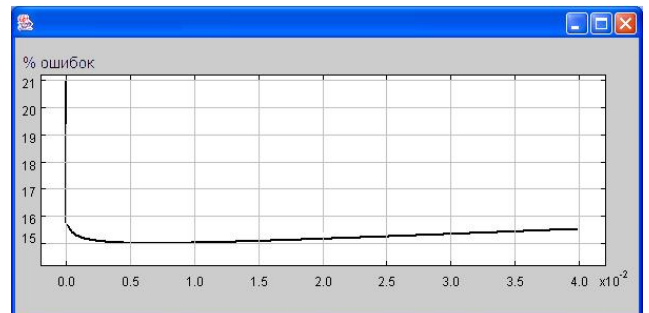
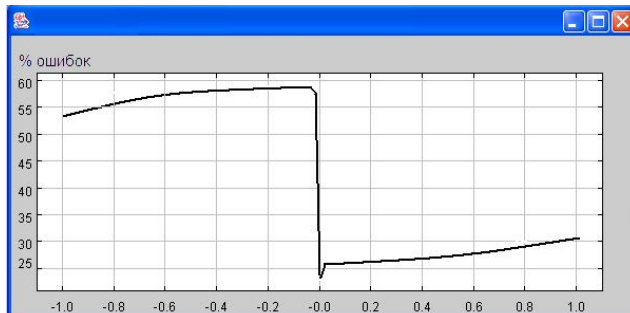


Рисунок. 2.5 обеспечения поддержки качества метрику маршрутизации.

Для обеспечения поддержки качества сервиса в качестве основного

параметра при выборе оптимального маршрута передачи данных следует применить составленную метрику маршрутизации, которая дополнительно включает в себя комбинацию основных параметров, определяющих качество сервиса для заданного типа трафика.

Проанализированы и показаны методы получения аддитивной, мультипликативной, вогнутой метрик маршрутизации:

- аддитивная метрика:

$$met(p) = met_{ij} + met_{jk} + \dots + met_{qr}. \quad (2)$$

Очевидно, что задержка (del), изменение задержки - джиттера (dej), количество прыжков и стоимость (цена) имеют аддитивный характер.

- мультипликативному метрика:

$$met(p) = met_{ij} \times met_{jk} \times \dots \times met_{qr}. \quad (3)$$

Достоверность успешной передачи (pst) имеет мультипликативный характер. Зависимость для вероятности потерь (Lp):

$$met(p) = 1 - ((1 - met_{ij}) \times (1 - met_{jk}) \times \dots \times (1 - met_{qr})). \quad (4)$$

- вогнутая метрика:

$$met(p) = \min\{met_{ij}; met_{jk}; \dots; met_{qr}\}. \quad (5)$$

Пропускная способность (ширина полосы частот) имеет вогнутый характер.

-метрика задержки передачи данных $D(v, u)$ равна:

$$D(v, u) = \sum_{\forall e(i, j) \in P(v, u)} (t_i + t_{e(i, j)}) \quad (6)$$

-метрика пропускной способности

Если $b(i, j)$ – пропускная способность канала $e(i, j) \in E$, где $\{i, j\} \in V$, то для любого маршрута $P(v, u) \in G$ метрика пропускной способности $B(v, u)$ равна минимальной пропускной способности каналов на пути между двумя узлами v и u , где $\{v, u\} \in V$:

$$B(v, u) = \min(b(i, j)), \forall e(i, j) \in P(v, u). \quad (7)$$

-метрика устойчивости маршрута

Устойчивость $\lambda(i, j)$ канала между двумя смежными вершинами i и j ,

равна:

$$\lambda(i, j) = 1 - p(i, j), \quad (8)$$

где $p(i, j)$ – вероятность удаления ребра $e = e(v, u) \in E$ с графу G .

Устойчивость $\Lambda(i, j)$ маршруту $P(v, u) \in G$ между двумя узлами v и u , где $\{v, u\} \in V$, является функцией устойчивости всех каналов данного маршрута :

$$\Lambda(v, u) = F(\lambda(i, j)), \forall e(i, j) \in P(v, u). \quad (9)$$

Тогда метрика устойчивости маршруту $P(v, u) \in G$ между двумя узлами v и u , где $\{v, u\} \in V$, определяется следующим образом:

$$\Lambda(v, u) = \prod_{\forall e(i, j) \in P(v, u)} (1 - p(i, j)) \quad (10)$$

Предложенный метод получения обобщенной метрики маршрутизации при выборе оптимального маршрута передачи данных, учитывающий параметры:

- время задержки;
- пропускная способность канала;
- устойчивость маршрута.

Другие параметры сети используются в качестве ограничения маршрутизации. Конкретизированы коэффициенты, учитывающие степень влияния характеристик каналов на сложную метрику маршрутизации.

Составлена метрика маршрутизации $M(v, u)$, используемый для поиска оптимального маршрута $P(v, u) \in G$ между двумя узлами v и u , где $\{v, u\} \in V$, определяется следующим образом:

$$M(v, u) = \left(k_1 \cdot B(v, u) + \frac{k_2 \cdot B(v, u)}{256 - L(v, u)} + k_3 \cdot D(v, u) \right) \cdot \frac{k_5}{\Lambda(v, u) + k_4} \quad (11)$$

Составляющие метрики маршрутизации $M(v, u)$ (10) определяются по выражениям (2) – (9). Коэффициенты учитывают степень влияния характеристик каналов на сложную метрику маршрутизации, где:

k_1 – весовой коэффициент пропускной способности;

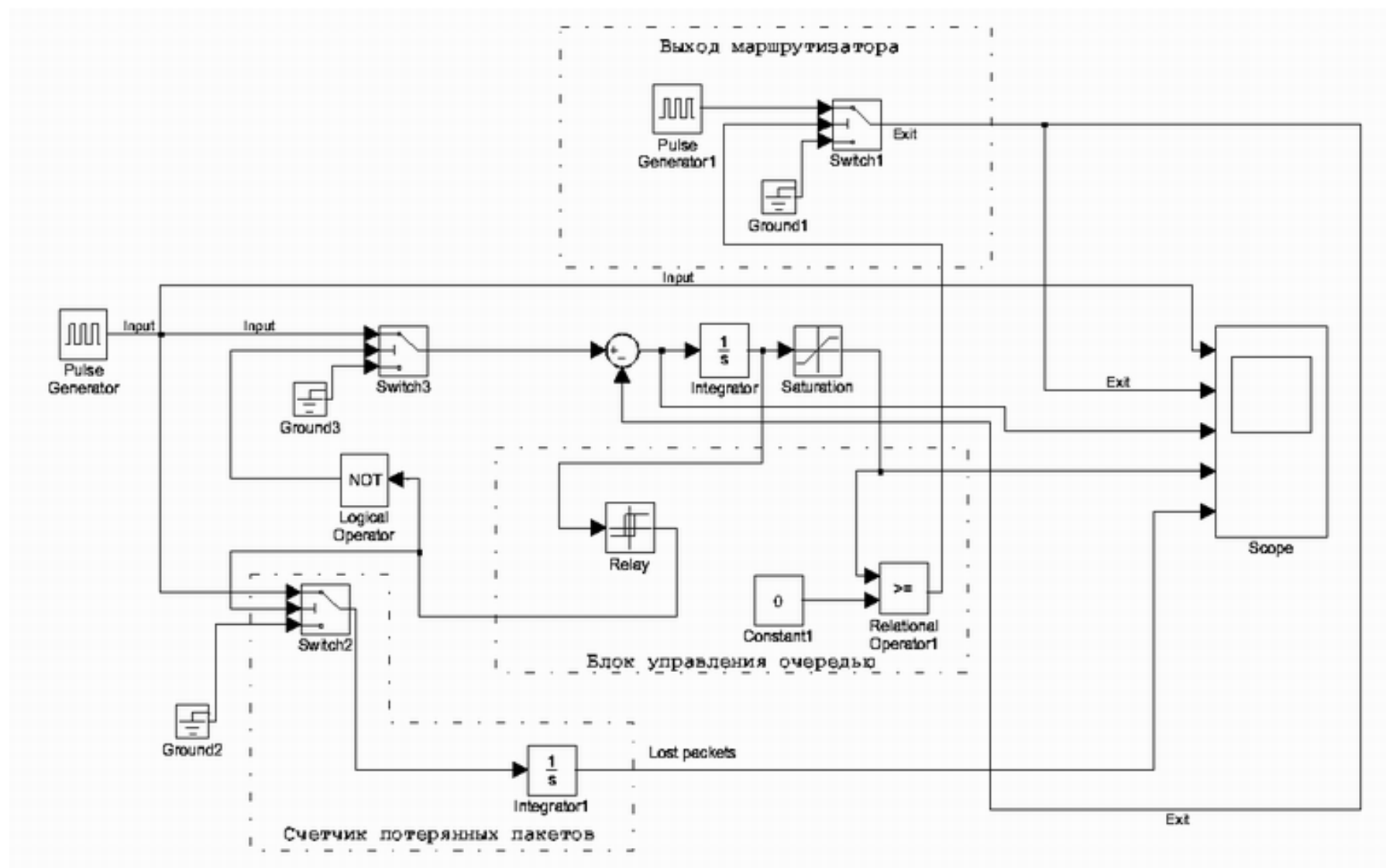
k_2 – весовой коэффициент загрузки;

K_3 – весовой коэффициент задержки;

Со k_4 и k_5 – соответственно первичный и вторичный весовые коэффициенты устойчивости маршрута.

Создана и исследована модель маршрутизатора в системе Matlab Simulink (рис.4), содержащий входной буфер, блок коммутации пакетов и выходные буферы. Модель пакета данных (источники трафика, рис.5) представлена в виде вектора, содержит

<Адрес получателя>, <адрес отправителя>



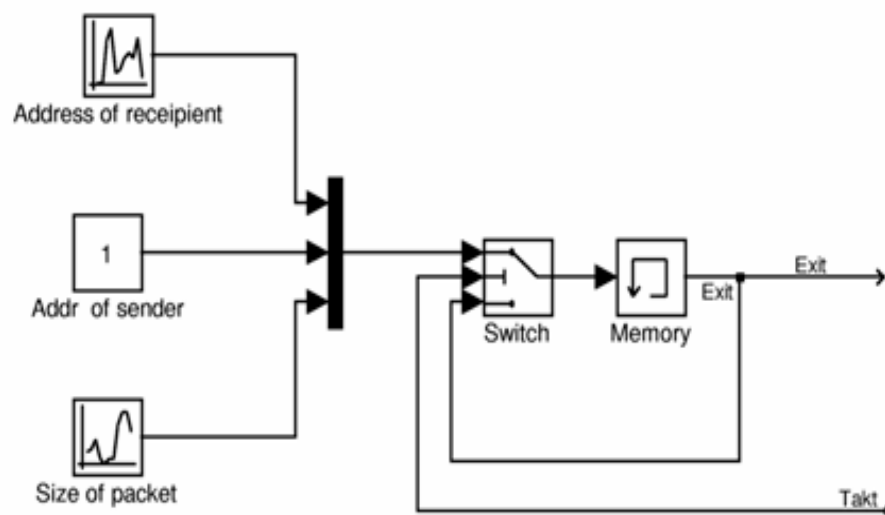


Рисунок. 2.6 Модели источники трафика.

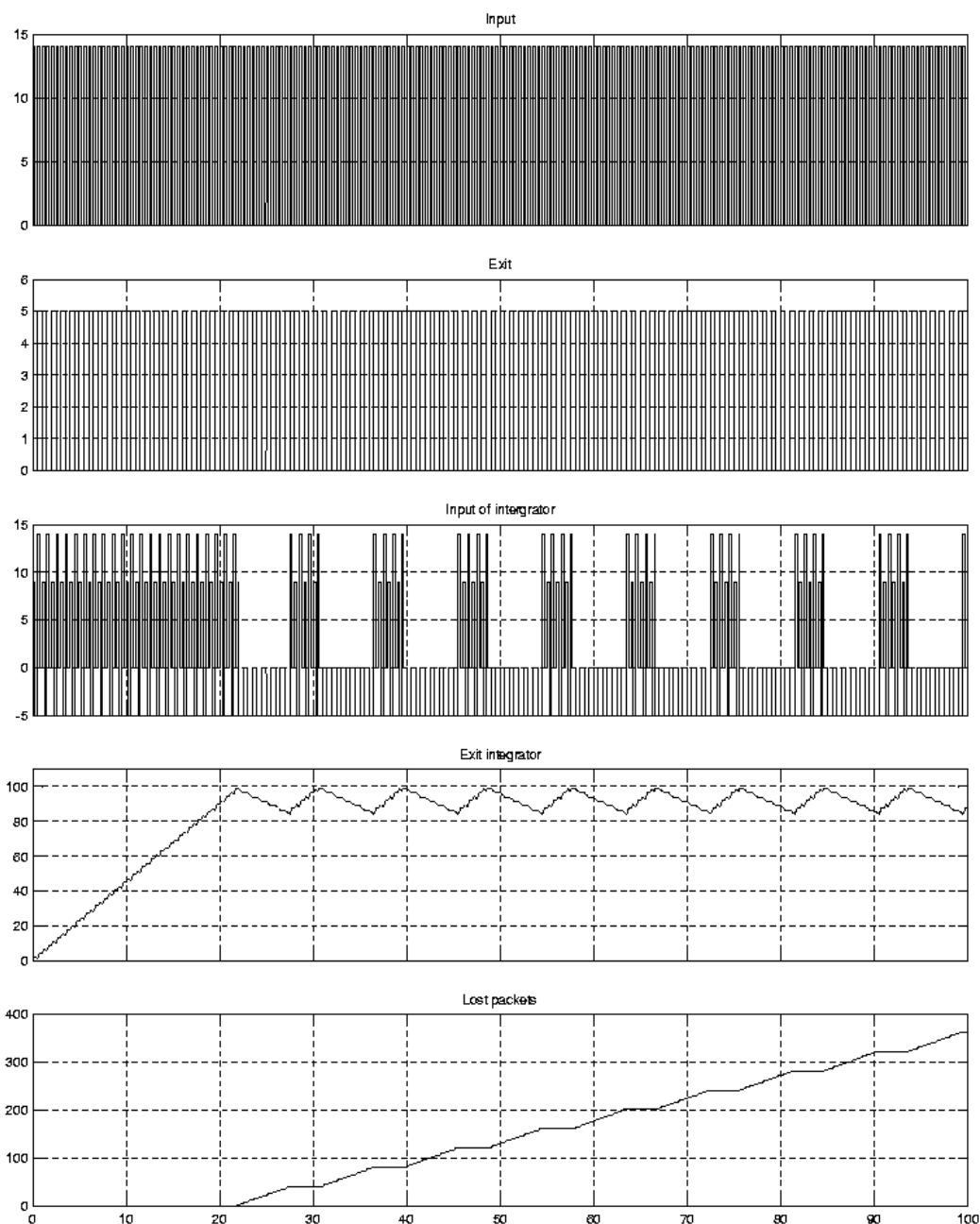


Рисунок.2.7 Результаты моделирования.

Разработанная модель позволяет изменять интенсивность поступления пакетов, отслеживать объем потерянных данных, поведение маршрутизатора при различных скоростях вход-выход, различные дисциплины обслуживания очередей во входных и выходных буферах (рисунок.2.7), таким образом, учитывать составляющие метрики (10).

2.5 Метод маршрутизации для выбора основного пути в области маршрутизации и дополнительного основе динамических алгоритмов маршрутизации.

Часть пакетов потока отправляют по дополнительному пути, они названы обходными, при этом их приоритет будет меньше, чем приоритет пакетов для которых каналы этого пути являются основными. Определяются параметры и условия работы алгоритма, при которых он позволит более эффективно использовать ресурсы сети.

Для анализа эффективности предлагаемого метода маршрутизации решается задача сравнения потокового алгоритма с адаптивным алгоритмом на трех-узловой сети, для моделей трафика fbm/D/1 и M/M/1.

Рассматривается полносвязная трехузловая сеть с симметричными входными потоками $\gamma_{ij} = \gamma$; $i, j = 1, 2, 3$ и одинаковыми линиями связи с равными пропускными способностями – C . Предполагается, что входные потоки и длительность обслуживания по каждому ребру определяется моделью обслуживания fbm/D/1 или M/M/1.

При решении задачи оптимального распределения потоков среднее время доведения при оптимальном распределении потоков – $T = 1/(C - \gamma)$, потоки нагрузки пойдут по кратчайшим путям без использования обходных маршрутов.

В предлагаемом алгоритме маршрутизации часть пакетов каждого потока направляется по обходному маршруту по следующему правилу.

Пусть $n_{ij}^{(2)}$ – число пакетов потока ij , стоящих в очереди на передачу в канал (линию) (i, j) , а m_{ij} – число пакетов того же потока, находящихся в очередях обходного пути, т. е. в очередях каналов (i, k) и (k, j) (Далее будет употребляться термин «обходные» пакеты). Задаются два натуральных числа D и R – параметры алгоритма и через A обозначается следующее событие: в момент поступления пакета потока ij выполняется: $n^{(2)} \geq D, m \leq R$. Таким образом, если в момент поступления пакета потока ij осуществляется событие A , то па- кет

посылается по обходному маршруту; в противном случае, т. е. при вы-

полнении события A , пакет становится в очередь на передачу в канал (i, j) . Предполагается, что пакеты потока ij , находящиеся в очереди в канале (i, j) , имеют более высокий приоритет перед пакетами других потоков (рисунок 1).

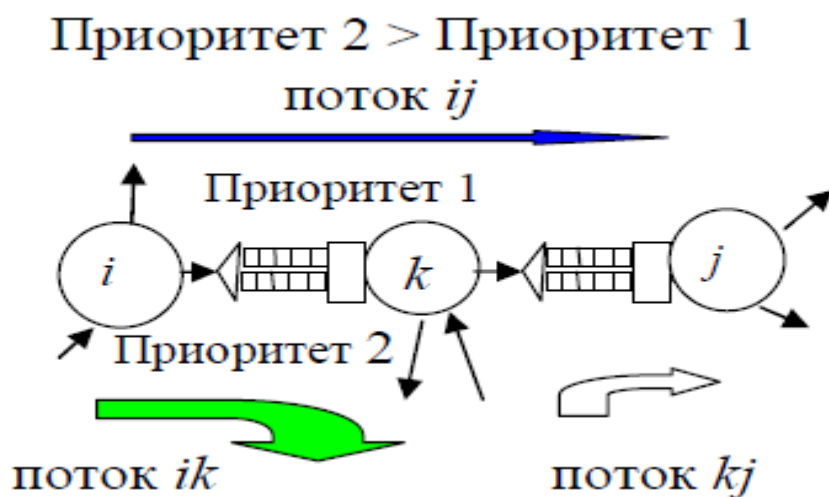
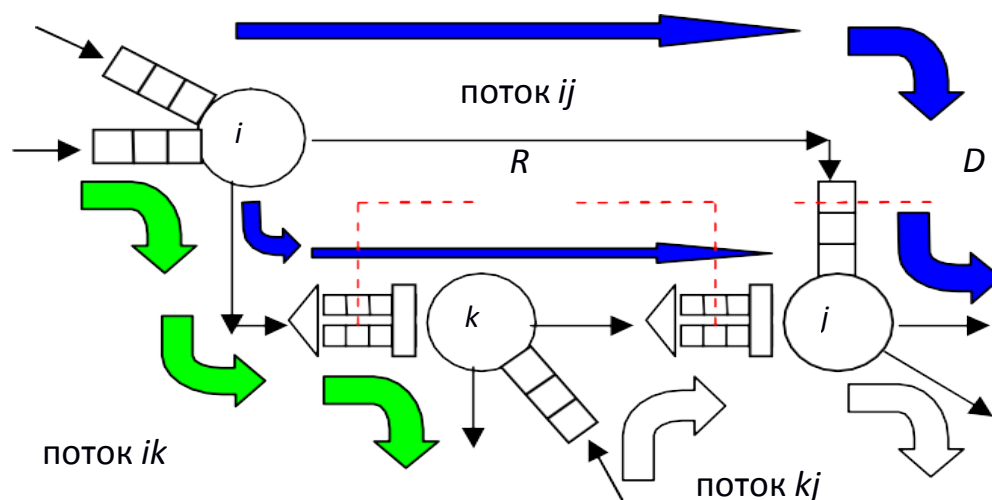


Рисунок 2.8 – Схема работы алгоритма маршрутизации с использованием дополнительного пути с неприоритетным обслуживанием обходных пакетов.

Пусть $T(2)$ – среднее время доведения пакетов при использовании описан- ного алгоритма маршрутизации, а $T(1)$ – среднее время доведения пакетов при использовании алгоритма направляющего пакеты по одному

кратчайшему пути.

Необходимо показать, что для любого $R \geq 1$ найдется такое $D = D(R, \lambda, C)$, что верно неравенство $T(2) < T(1)$.

Для этого оценивается величина $\Delta = T(1) - T(2)$.

Из формулы полной вероятности имеем:

$$\Delta = \left((T^{(1)}|A) - (T^{(2)}|A) \right) \cdot P_9(A) + \left((T^{(1)}|A) - (T^{(2)}|A) \right) \cdot P(A) \quad (12)$$

Поскольку в любой момент времени в канале ij выполнено неравенство:

$$n_{ij}^{(1)} \geq n_{ij}^{(2)} \quad (2), \text{ то получается следующее неравенство } (T^{(1)}|A) \geq P(A) D/C$$

Значение $(T^{(2)}|A)$ есть среднее время прохождения через сеть обходного пакета, которое складывается из двух величин: времени ожидания окончания периода занятости, образованного «прямыми» пакетами, и времени передачи с учетом возможных прерываний тех обходных пакетов, которые находятся в рассматриваемом канале в момент поступления отмеченного обходного пакета, включая и его самого.

Неравенство $T^{(2)} < T^{(1)}$ выполняется, если D выбрать следующим образом:

$$D \geq \left(\frac{2(1+Z)}{(1-\rho_2)} + \frac{R}{1-\rho_2} + 1 \right) \quad (13)$$

где ρ – коэффициент загрузки создаваемый потоком (по условию задачи одинаковый), z – отношение низкоприоритетного обходного потока к приоритетному потоку, для которого каналы составляют основной маршрут. Задавая параметры регулирования R и D , можно отправлять часть пакетов по обходному пути, более равномерно загружая маршруты в сети, однако необходимо учитывать вероятность события A , $P(A)$ – вероятность того, что пакеты пойдут по обходному пути. Для моделей М/М/1 вероятность того, что в системе будет находиться не менее чем D пакетов – ρ^D , а также вероятность, что в системе менее R пакетов – $(1-\rho^R)$. Вероятность совместного наступления событий:

$$P(A) = (1 - \rho_{ikj} R_K) \cdot (1 - \rho_{ikj} R_j) \cdot \rho_{ij} D \quad (14)$$

где $R_k + R_j = R$ – параметр ограничения на число обходных пакетов в узлах k и j ; $\rho_{ikj} = \lambda_{ikj} \cdot x_{\text{ЭКВ}} = z \cdot \lambda_{ij} \cdot x_{\text{ЭКВ}}$ коэффициент загрузки неприоритетных пакетов, с учетом приоритетного потока, где длительность обслуживания неприоритетных

пакетов $x_{\text{экв}}$ соответствует циклу обслуживания (рисунок 2):

$$X_{\text{ЭКВ}} = \frac{x}{1-\rho_{h.p.}} \quad (15)$$

4)

где $\rho_{h.p.}$ – коэффициент загрузки характеризующий обслуживание высокоприоритетных пакетов. Отсюда:

$$\rho_{ikj} = \frac{z \cdot \rho_{ik}}{(1-\rho_{ik})} \quad (16)$$

Формула (3) с учетом (5) имеет вид: $P(A) = \left(1 - \left(\frac{z \cdot \rho_{ik}}{1-\rho_{ik}}\right)^{R_k}\right) \cdot \left(1 - \left(\frac{z \cdot \rho_{kl}}{1-\rho_{kl}}\right)^{R_j}\right) \cdot \rho_{ij}^D$ (17)

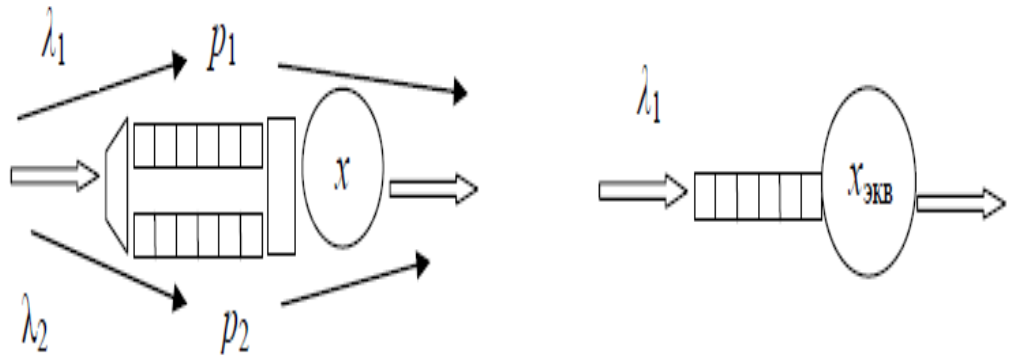


Рисунок 2.9 – Замена системы из двух очередей с приоритетами, системой без высокоприоритетных требований с заменой времени обслуживания неприоритетных требований эквивалентным временем обслуживания

При решении данной задачи, когда потоки разные – $\gamma_{ij} > \gamma_{ik} = \gamma_{kj}$; в формулах необходимо рассчитать коэффициент z . Он определяется из решения задачи оптимального распределения потоков (рисунок 3).

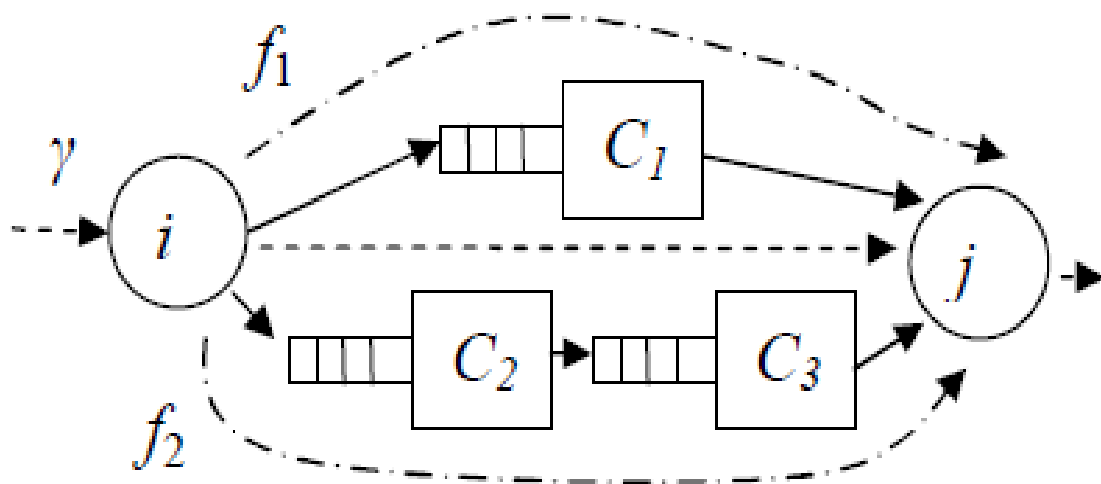


Рисунок 2.10 – Схема задачи распределения потока γ между двумя путями на потоки f_1 и f_2 ,

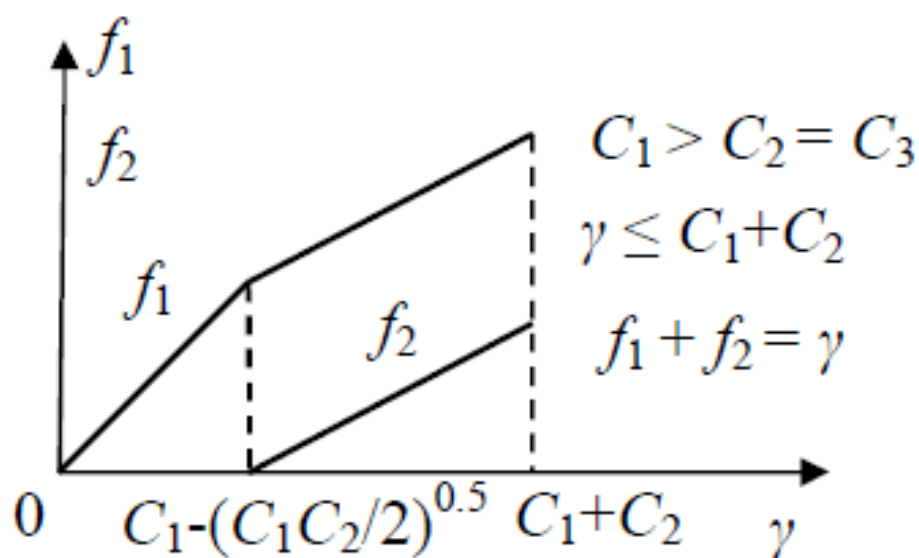


Рисунок 2.11 – Оптимальные путевые потоки f_1 и f_2

2.6 Выводы по второму разделу

На основе теоретических и экспериментальных исследований решены важные научные задачи в области телекоммуникаций разработаны математические модели и методы маршрутизации глобальных сетей передачи данных в системе с переменными параметрами на основе разработки обобщенной метрики маршрутизации при выборе оптимального маршрута.

При этом можно сделать следующие выводы:

1 Использование механизма доставки пакетов в глобальных сетях передачи данных становится возможным благодаря реализации во всех узлах сети протокола межсетевого обмена IP. Для этого протокола вся информация о пути, по которому должен пройти пакет, берется из самой сети в момент прохождения пакета. Основная цель применения маршрутизаторов объединение разнородных сетей и обслуживание альтернативных путей. Анализ показывает, что оптимальность является самой общей целью и характеризует способность алгоритма маршрутизации выбирать "наилучший" маршрут из условия получения максимальной скорости передачи информации. Однако показано, что все алгоритмы нахождения кратчайшего пути требуют значительных вычислительных ресурсов - примерно $O(n^2)$ операций, где n - число узлов сети.

2 Проведенный сравнительный анализ протоколов маршрутизации RIP, OSPF, IGRP, BGP-4 и EGP. В протоколе RIP маршрут характеризуется вектором расстояния до места назначения. Протокол OSPF используется как внутренний протокол маршрутизации и характеризуется состоянием маршрута. Протокол IGRP, используя весовые коэффициенты, адаптирует выбор маршрутов к задачам конечного пользователя. Внешний протокол маршрутизации BGP-4 позволяет реализовать маршрутную политику, определенную администратором AS. Маршрутная политика определяет решения, когда место назначения достижимо несколькими путями, соображения безопасности, экономические интересы и др. Протокол внешних маршрутизаторов EGP является протоколом междоменной достигаемости, который применяется в Internet, не использует показатели и поэтому содержит информацию только о достижимости сетей.

3 Получила дальнейшее развитие обобщенная метрика маршрутизации при выборе оптимального маршрута передачи данных, учитывающий: время задержки; пропускную способность канала; устойчивость маршрута. Показаны методы получения аддитивной, мультипликативной, вогнутой метрики с

обобщенной метрики. Конкретизированы коэффициенты, учитывающие степень влияния характеристик каналов на сложенную метрику маршрутизации.

4 Исследовано метод осуществления маршрутизации в системе с переменными параметрами, показано, что существует возможность его оптимизации путем распределения заявок по серверам так, чтобы минимизировать количество ошибок. Показано, что в многосерверной системе (количество серверов 20) оптимальным по минимуму ошибок (11,7%) является метод направления заявок на следующий сервер после возникновения ошибки маршрутизации, в то время как метод поочередного обработки заявок дает 21,8% ошибок. При малом количестве каналов на серверах (2) количество ошибок этого метода возрастает до 31,0%.

5 Впервые предложена и исследована математическая модель маршрутизатора по протоколу RIP, состоящий из интерфейсов маршрутизатора, функционирует в активном и пассивном режимах и позволяет учесть уровне сетевого протокола и уровне протоколов маршрутизации согласно обобщенной метрики маршрутизации.

6 Предложенная модель маршрутизатора в системе Matlab Simulink, что позволяет отслеживать поведение при различных скоростях вход-выход, различные дисциплины обслуживания очередей во входных и выходных буферах, менять интенсивность поступления пакетов, определять объем потерянных данных и учитывать отдельные составляющие метрики маршрутизации.

РАЗДЕЛ 3

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Расчет капитальных затрат

Целью дипломной работы является разработка математических моделей и методов маршрутизации глобальных сетей передачи данных в системе с переменными параметрами на основе разработки обобщенной метрики маршрутизации при выборе оптимального маршрута.

Расчет экономических показателей представлен в виде формул, которые показывают какие затраты, прибыль, рентабельность и срок окупаемости будут получены при использовании данного метода маршрутизации.

Для данной технологии используют модемы Alcatel omnipex 117 Ramais 8 Troncos E1, стоимость одного модема 1 359,61 долларов США.

Заработная плата специалиста, который занимается настройкой маршрутизации глобальных сетей передачи данных составляет 1500 долл. США в месяц при восьмичасовом рабочем дне, 22 рабочих дня в месяц, 176 часов в месяц. Таким образом часовая заработная плата специалиста:

$$C_{СП} = \frac{1500}{176} = 8,5, \text{ долл./час}, \quad (3.1)$$

Заработная плата специалиста определяется по формуле:

$$З_{ЗП} = t \times C_{СП}, \text{ долл.}, \quad (3.2)$$

где t - время, необходимое для настройки маршрутизатора, часы;

$C_{СП}$ - часовая заработная плата специалиста долл./ч.

Таким образом, затраты на оплату труда специалиста $З_{ЗП}$ составят:

$$З_{ЗП} = 8,5 \times 3 = 25,6, \text{ долл.}$$

Капитальные затраты на реализацию проекта (КЗ) включают в себя: затраты на заработную плату специалиста (настройка маршрутизатора) $З_{ЗП}$, стоимость маршрутизатора C_M и затраты на транспортировку (2% от стоимости оборудования) $З_T$

$$KЗ = З_{ЗП} + З_T + C_M, \text{ долл.} \quad (3.3)$$

$$KЗ = 25,6 + 27,18 + 1359,61 = 1412,39, \text{ долл.}$$

3.2 Определение дохода и ежемесячной прибыли

Абонентская плата составляет -97,5 долл. США в месяц.

Количество абонентов, которых обслуживает компания- 3 000 000 чел.

После разработки технологии количество абонентов увеличится на 2%, так как качество связи станет лучше, а следовательно составит 3 060 000 чел.

Доход, который получит компания определим по формуле:

$$Д = Q_{аб} \times А, \text{ долл.}, \quad (3.4)$$

где $Q_{аб}$ - количество абонентов;

$А$ – абонентская плата в месяц, долл.

$$Д_1 = 3\,000\,000 \times 97,5 = 292\,500\,000, \text{ долл.}$$

$$Д_2 = 3\,060\,000 \times 97,5 = 298\,350\,000, \text{ долл.}$$

$$\Delta Д = Д_2 - Д_1 = 298\,350\,000 - 292\,500\,000 = 5\,850\,000, \text{ долл.} \quad (3.5)$$

Эксплуатационные затраты $З_{экспл.}$ включают в себя заработную плату персонала и затраты на обслуживание сетей и абонентов, и составляют – 15 300 000 долл. США

При применении данной технологии компания будет получать следующую ежемесячную прибыль (Π), которую рассчитываем по формуле:

$$\Pi = Д - З_{экспл.}, \text{ долл.}, \quad (3.6)$$

где $Д$ – доход, который получает компания, долл.;

$З_{экспл.}$ – эксплуатационные ежемесячные затраты, долл.;

$$\Pi_1 = Д_1 - З_{экспл.} = 292\,500\,000 - 15\,300\,000 = 277\,200\,000, \text{ долл.}$$

$$\Pi_2 = Д_2 - З_{экспл.} = 298\,350\,000 - 15\,300\,000 = 283\,050\,000, \text{ долл.}$$

$$\Delta \Pi = \Pi_2 - \Pi_1 = 283\,050\,000 - 277\,200\,000 = 5\,850\,000, \text{ долл.} \quad (3.7)$$

3.3 Рентабельность и срок окупаемости.

Рентабельность (Р) данного проекта определим по следующему выражению:

$$P = \frac{\Delta\Pi}{Z_{\text{экспл.}}} \times 100\%, \quad (3.8)$$

где $\Delta\Pi$ – прибыль, которую получит компания после увеличения числа абонентов, долл.;

$Z_{\text{экспл.}}$ – эксплуатационные ежемесячные затраты, долл.;

$$P = \frac{5\,850\,000}{15\,300\,000} \times 100\% = 38,24\%$$

Один модем Alcatel omnipex 117 обслуживает 300 абонентов, таким образом для обслуживания 3 000 000 абонентов необходимо 10 000 модемов.

Капитальные затраты на покупку модемов составят:

$$KZ_M = KZ \times Q_M, \text{ долл.}, \quad (3.9)$$

где Q_M - количество модемов, необходимое для обслуживания абонентов;

KZ - капитальные затраты, долл.;

$$KZ_M = 1\,412,39 \times 10\,000 = 14\,123\,900, \text{ долл.}$$

Срок окупаемости (С) модемов вычислим по формуле:

$$C = \frac{KZ_M}{\Delta\Pi} = \frac{14\,123\,900}{5\,850\,000} = 2,41 \text{ мес.}, \quad (3.10)$$

где KZ_M - капитальные затраты на покупку модемов, долл.;

$\Delta\Pi$ – прибыль, которую получит компания после увеличения числа абонентов, долл.

3.4 Выводы по третьему разделу

При рентабельности 38,24% и сроке окупаемости 2,41 месяца данная технология увеличивает прибыль компании телефонной связи на 5 850 000

долларов США в месяц, за счет увеличения числа абонентов на 2%.

Технология экономически целесообразна и выгодна.

ВЫВОДЫ

Одной из важных задач сетей передачи данных в Украине и Анголе является получения оптимальной метрики маршрутизации для объединенных сетей. Несмотря на огромное число публикаций и усилия фирм-производителей коммуникационного оборудования данная задача окончательно не решена. Поэтому разработка и исследование математических моделей маршрутизаторов и методов для анализа и разработки метрик маршрутизаторов глобальных сетей передачи данных, является актуальной задачей, решение которой способствует дальнейшему развитию ТК сетей.

На основе теоретических и экспериментальных исследований решены важные научные задачи в области телекоммуникаций разработаны математические модели и методы маршрутизации глобальных сетей передачи данных в системе с переменными параметрами на основе разработки обобщенной метрики маршрутизации при выборе оптимального маршрута. При этом можно сделать следующие выводы: 1 Использование механизма доставки пакетов в глобальных сетях передачи данных становится возможным благодаря реализации во всех узлах сети протокола межсетевого обмена IP. Для этого протокола вся информация о пути, по которому должен пройти пакет, берется из самой сети в момент прохождения пакета. Основная цель применения маршрутизаторов объединение разнородных сетей и обслуживание альтернативных путей. Анализ показывает, что оптимальность является самой общей целью и характеризует способность алгоритма маршрутизации выбирать "наилучший" маршрут из условия получения максимальной скорости передачи информации. Однако показано, что все алгоритмы нахождения кратчайшего пути требуют значительных вычислительных ресурсов - примерно $O(n^2)$ операций, где n - число узлов сети. 2 Проведенный сравнительный анализ протоколов маршрутизации RIP, OSPF, IGRP, BGP-4 и EGP. В протоколе RIP

маршрут характеризуется вектором расстояния до места назначения. Протокол OSPF используется как внутренний протокол маршрутизации и характеризуется состоянием маршрута. Протокол IGRP, используя весовые коэффициенты, адаптирует выбор маршрутов к задачам конечного пользователя. Внешний протокол маршрутизации BGP-4 позволяет реализовать маршрутную политику, определенную администратором AS. Маршрутная политика определяет решения, когда место назначения достижимо несколькими путями, соображения безопасности, экономические интересы и др. Протокол внешних маршрутизаторов EGP является протоколом междоменной достигаемости, который применяется в Internet, не использует показатели и поэтому содержит информацию только о достижимости сетей.

3 Получила дальнейшее развитие обобщенная метрика маршрутизации при выборе оптимального маршрута передачи данных, учитывающий: время задержки; пропускную способность канала; устойчивость маршрута. Показаны методы получения аддитивной, мультипликативной, вогнутой метрики с обобщенной метрики. Конкретизированы коэффициенты, учитывающие степень влияния характеристик каналов на сложную метрику маршрутизации.

4 Исследовано метод осуществления маршрутизации в системе с переменными параметрами, показано, что существует возможность его оптимизации путем распределения заявок по серверам так, чтобы минимизировать количество ошибок. Показано, что в многосерверной системе (количество серверов 20) оптимальным по минимуму ошибок (11,7%) является метод направления заявок на следующий сервер после возникновения ошибки маршрутизации, в то время как метод поочередного обработки заявок дает 21,8% ошибок. При малом количестве каналов на серверах (2) количество ошибок этого метода возрастает до 31,0%.

5 Впервые предложена и исследована математическая модель маршрутизатора по протоколу RIP, состоящий из интерфейсов маршрутизатора, функционирует в активном и пассивном режимах и позволяет учесть уровень сетевого протокола и уровень протоколов маршрутизации согласно обобщенной метрики маршрутизации.

6 Предложенная модель маршрутизатора в системе Matlab

Simulink, что позволяет отслеживать поведение при различных скоростях вход-выход, различные дисциплины обслуживания очередей во входных и выходных буферах, менять интенсивность поступления пакетов, определять объем потерянных данных и учитывать отдельные составляющие метрики маршрутизации.

Разработанные модели и методы маршрутизации глобальных сетей передачи данных экономически выгодны, так как улучшается качество связи, что приводит к увеличению числа абонентов и соответственно к увеличению прибыли компании телефонной связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тимченко А.В. Исследования метрик маршрутизации мобильных компьютерных сетей О.В.Тимченко, Алхихи Мухаммад, Фрейхат Ахмад // Сб. наук. пр. ИПМЭ НАН Украины. - Вип.47. - М.: 2008. - С. 147-151.
2. Тимченко А.В. Исследование механизмов обеспечения качества обслуживания в мультисервисных сетях / А.В. Тимченко, сами Аскар, Алхихи Мухаммад, Аль-бдур Нашат // Моделирование и информационные технологии. Сб. наук. пр. ИПМЭ НАН Украины. - Вип.47. - М.: 2008. - С. 133-142.
3. Зеляновський М.Ю. Средства для моделирования специализированных и сенсорных сетей беспроводного доступа: симуляторы работы компьютерных сетей NS-2 и NS-3 / М.Ю.Зеляновський, Алхихи Мухаммад, Аль-бдур Нашат, сами Аскар // Сб. наук. пр. ИПМЭ НАН Украины. - Вип.51. - М.: 2009. - С. 203-210.
4. Верхола Б. Разработка архитектуры для передачи видеотрафика MPEG-4 в домене MPLS / Б.М.Верхола, А.Т.Ратич, Алхихи Мухаммад, Фрейхат Ахмад // Сб. наук. пр. ИПМЭ НАН Украины. - Вип.53. - М.: 2009. - С. 216-221.
5. Верхола Б. Анализ методов и протоколов для обеспечения потокового мультимедиа / Б.М.Верхола, А.Т.Ратич, Алхихи Мухаммад, Фрейхат Ахмад // Моделирование и информационные технологии. Сб. наук. пр. ИПМЭ НАН Украины. - Вип.54. - М.: 2009. - С. 237-247.
6. Зеляновський М.Ю. Методика применения симуляторов компьютерных сетей NS-2 и NS-3 / М.Ю.Зеляновський, Алхихи Мухаммад, Аль-бдур Нашат, сами Аскар // XXVII Научно-техническая конференция "Моделирование". ИПМЭ НАН Украины. Тезисы конференции. 15-16 января 2009 года. - М.: 2009. - 62 с. - С. 53-54.
7. Верхола Б. Особенности методов и протоколов для обеспечения потокового мультимедиа / Б.М.Верхола, А.Т.Ратич, Алхихи Мухаммад, Фрейхат Ахмад // Научно-практическая конференция "Современные проблемы телекоммуникаций - 2009". Материалы конференции. 29-31 октября 2009 -

Львов: 2009 - С.63-65

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Список файлов на оптическом диске

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Отзыв руководителя экономического раздела

Руководитель раздела

к.э.н., доцент

(подпись)

Романюк Н.Н

(фамилия, инициалы)

**ПРИЛОЖЕНИЕ В. на дипломну роботу магістра на тему:
«Дослідження метрик маршрутизаторів глобальних мереж»
студента групи ТКіт-12 Сукулате Пашкуаль
по спеціальності 172 – телекомунікації та радіотехніка**

Роботу присвячено розробці та дослідженню математичних моделей і методів для аналізу і розробки метрик маршрутизаторів глобальних мереж передачі даних. У метриках маршрутизації використовуються наступні показники: довжина маршруту; надійність; затримка; ширина смуги пропускання; навантаження каналів і вузлів; вартість зв'язку. В результаті їх комбінації отримують один окремий (гібридний) показник, який називається метрикою і є визначальним параметром при виборі маршруту з таблиць маршрутизації. Проведений аналіз протоколів маршрутизації (RIP, OSPF, IGRP, BGP-4 і EGP). Показано, що у всіх протоколах найкращий шлях вибирається з використанням комбінованих метрик (крім протоколу міждоменної досяжності EGP). Досліджений алгоритм маршрутизації в системі зі змінними параметрами, проведена його оптимізація.

Запропонований метод отримання узагальненої метрики маршрутизації при виборі оптимального маршруту передачі даних, що враховує: час затримки; пропускну здатність каналу; стійкість маршруту. Показані методи отримання адитивної, мультиплікативної, увігнутої метрики. Конкретизовані коефіцієнти, що враховують ступінь впливу характеристик каналів на складену метрику. Запропонована і досліджена математична модель маршрутизатора, а також модель маршрутизатора в системі Matlab Simulink, що дозволяє відстежувати поведінку маршрутизатора при різних швидкостях вхід-вихід, різні дисципліни обслуговування черг у вхідних і вихідних буферах, змінювати інтенсивність надходження пакетів, визначати об'єм втрачених даних та враховувати окремі складові метрики маршрутизації.

В економічному розділі виконано економічне обґрунтування запропонованих рішень.

В цілому дипломна робота задовольняє усім вимогам і її автор Сукулате Пашкуаль заслуговує на оцінку «добре» та присвоєння кваліфікації «інженер в галузі електроніки та телекомунікацій».

Керівник дипломної роботи,

докт. техн. наук, професор

В.І.Корнієнко